

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

«Белорусский государственный педагогический университет имени Максима
Танка»

**ОСНОВЫ
ЭКОЛОГИИ**

Пособие

Минск 2007

УДК 502.1 (075.8)

ББК 20.1я73

О753

Печатается по решению редакционно-издательского совета БГПУ,
Рекомендовано секцией естественных и сельскохозяйственных наук
(протокол № 3 от 14.04.07).

Автор-составитель

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры общей биологии БГПУ
Е. В. Цытрон

Рецензенты:

доктор сельскохозяйственных наук, академик НАН Беларуси, профессор,
заведующий отделом почвоведения РУП «Институт почвоведения и агрохимии»
Н. И. Смеян;

кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии БГПУ В. Ф.
Кулеш

Основы экологии: пособие / авт.-сост. Е. В. Цытрон. – Минск: БГПУ, 2007. – 79 с.
ISBN 978-985-501-404-2.

Пособие включает основные вопросы курса «Основы экологии», задания практического характера, методические рекомендации по изучению темы, а также литературные источники, рекомендуемые для самостоятельной подготовки студентов к семинарским занятиям и зачетам, вариант итогового тестирования.

Адресуется студентам небιологических специальностей БГПУ.

Предисловие

В настоящее время экология рассматривается как комплексное междисциплинарное направление, предметом которого является изучение, прогнозирование и управление факторами внешней среды в процессе их взаимодействия с живыми организмами на всех уровнях их организации. Еще подводя итоги XX столетия, мировое сообщество пришло к выводу, что угроза его существования таится в катастрофической экологической ситуации. Возникла опасность глобальных экологических катастроф, которые могут привести к гибели разумной, высокоорганизованной материи, а возможно, и к гибели всего живого на нашей планете. Именно поэтому в настоящее время экологии уделяется столь пристальное внимание.

Гражданская экологическая позиция должна начинаться с получения экологических знаний, формирования глобального мировоззрения, связывающего планетарные проблемы с местными, позволяющего понять место человека в окружающей их среде. Естественнонаучный подход необходим для людей всех специальностей и профессий и особенно для учителя.

Одним из признаков профессиональной квалификации учителя становится высокий уровень его экологической грамотности. Курс «Основы экологии» должен ознакомить студентов небиологических специальностей с основами экологических знаний и проблемами рационального использования природных ресурсов. В его основе лежат фундаментальные биологические и экологические понятия, которые образуют научную основу охраны природы. Особое внимание обращено на формирование у будущих учителей связи научных знаний, умений и практической деятельности в области охраны природы. Существенной частью курса является изучение закономерностей и понятий фундаментальной экологии с привлечением законов физики, химии, методов математики.

Цель данного пособия – помочь студентам небιологических специальностей получить представление об основных закономерностях функционирования экосистем и биосферы, научиться применять эти знания для правильной оценки состояния окружающей среды и рационального использования природных ресурсов, усвоить основные принципы стратегии защиты окружающей среды от загрязнения, получить представление о методах контроля за состоянием окружающей среды и экологических последствиях деятельности человека.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Тема 1. Экология как наука

Вопросы

1. Краткая история развития экологических знаний.
2. Уровни организации живых систем.
3. Предмет, объект, задачи и методы современной экологии.
4. Структура современной экологии.

Основные термины и понятия: экология, аутэкология, демэкология, синэкология, геоэкология, прикладная экология, живая система, вид, популяция, биоценоз, экосистема, биосфера.

Литература

1. Николайкин Н. И. [и др.] Экология. М., 2003.
2. Маврищев В. В. Основы экологии. Минск, 2005.
3. Маврищев В. В., Сачек Г. С. Экология. Минск, 2004.
4. Одум Ю. Экология. В 2 т.: пер. с англ. М., 1986.
5. Петров К. М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы. СПб., 1998.
6. Радкевич В. А. Экология. Минск, 1997.
7. Чернова Н. М., Былова А. М. Экология. М., 1988.
8. Чистик О. В. Экология. Минск, 2001.
9. Шилов И. А. Экология. М., 2000.

Задания

1. Определите и обоснуйте специфику экологии как науки.

2. Приведите примеры экологических исследований. На каком уровне они осуществляются? Какие ставятся задачи? Какие методы исследования используются?

Вспомогательный материал к теме

Экология – наука, изучающая взаимоотношения организмов между собой и с окружающей их природной средой, а также структуру и функционирование надорганизменных систем. Основоположником экологии является Э. Геккель, который впервые употребил этот термин в 1866 г. в труде «Всеобщая морфология живых организмов». Для изучения истории экологических знаний рекомендуется рассмотреть календарь экологических событий по Г. С. Розенбергу (1992), представленный в ряде учебников и учебных пособий (см. список литературы по теме п. 1-2, 4, а также табл. 1).

Таблица 1

Календарь становления экологии как науки

Годы	Автор	Страна	Экологическая информация
VI-IV вв. до н.э.	–	Древняя Индия	Эпическая поэма «Махабхарата» и «Рамаяна» – дано описание образа жизни и места обитания около 50 видов животных
490-430 до н.э.	Эмпедокл из Акраганта	Древняя Греция	Рассмотрел связь растений со средой
384-322 до н.э.	Аристотель	Древняя Греция	«История животных» – привел классификацию животных, имеющих окраску, связанную с условиями жизни
372-287 до н.э.	Теофраст (Феофраст)	Древняя Греция	«Исследования о растениях» – описал около 500 видов растений и их

			сообществ
79-23 до н.э.	Плиний старший	Древний Рим	«Естественная история» – обобщил данные по зоологии, ботанике, лесному хозяйству
1749	К. Линней	Швеция	«Экономика природы» – описал типологию местообитаний. Основы систематики
1749	Ж. Бюффон	Франция	«Естественная история» – высказал идеи изменчивости видов под влиянием среды
1798	Т. Мальтус	Англия	«Опыты о законе народонаселения» – предложил уравнение геометрического (экспоненциального) роста популяции, представил первую математическую модель роста популяции
1802	Ж.-Б. Ламарк	Франция	«Гидрогеология» – заложил основы концепции о биосфере, предложил термин «биология»
1809	Ж.-Б. Ламарк	Франция	«Философия зоологии» – дал представление о сущности взаимодействий в системе «организм – среда»
1836	Ч. Дарвин	Англия	Кругосветное путешествие на корабле «Бигль» – описал экологические наблюдения, которые легли в основу труда «Происхождение видов...»
1840	Ю. Либих	Германия	Сформулировал закон о лимитирующих факторах

1845	А. Гумбольдт	Германия	«Космос», в 5 томах – сформулировал законы географической зональности и вертикальной поясности в распределении растений и животных
1859	Ч. Дарвин	Англия	«Происхождение видов...» – привел большой материал о влиянии абиотических и биотических факторов среды на изменчивость организмов
1861	И. М. Сеченов	Россия	«...организм без внешней среды, поддерживающей его существование, невозможен; поэтому в научное определение организма должна входить и среда, влияющая на него»
1866	Э. Геккель	Германия	Предложил понятие «экология»
1870	Г. Спенсер	Англия	«Изучение социологии» – заложил основы экологии человека
1875	Э. Зюсс	Австрия	Предложил понятие «биосфера»
1877	К. Мебиус	Германия	Предложил понятие «биоценоз»
1895	Е. Варминг	Дания	«Экологическая география растений» – впервые использовал термин «экология» по отношению к растениям; предложил понятие «жизненная форма»
1896	У. Хэдсон	Англия	Предложил понятие «волны жизни» для описания динамики численности животных
1898	А. Шимпер	Германия	«География растений на физиологической основе» – одна из

			первых работ на экофизиологической основе
1903	К. Раункиер	Дания	Создал учение о жизненных формах на основе понятия, введенного Е. Вармингом
1910	–	–	Решением III Международного ботанического конгресса закреплено разделение экологии на экологию организмов (аутэкологию) и сообществ (синэкологию)
1911	В. Шелфорд	США	Сформулировал закон толерантности
1912	Г. Ф. Морозов	Россия	«Учение о лесе» – классическая работа по изучению лесных сообществ
1915	Г. Н. Высоцкий	Россия	Предложил понятие «экотоп»
1915	И. К. Пачоский	Россия	Предложил понятие «фитоценоз»
1918	Х. Гамс	Швейцария, Австрия	Предложил понятие «биоценологии» как науки о сообществах живых организмов; «фитоценологии» – науки о растительных сообществах
1921	Х. Берроуз	США	«География как человеческая экология» – сформулировал задачу изучения взаимоотношения человека и территории, на которой он проживает
1926	В. И. Вернадский	СССР	«Биосфера» – определил глобальные функции живого вещества

1927	Э. Леруа	Франция	Предложил понятие «ноосфера», получившее дальнейшее развитие в трудах Т. де Шардена, В.И. Вернадского
1933	Д. Н. Кашкаров	СССР	«Среда и сообщества», «Основы экологии животных» – первые отечественные учебники по экологии
1935	А. Тенсли	США	Предложил понятие «экосистема»
1939	Ф. Клементс, В. Шелфорд	США	Ввели термин «биоэкология», опубликовав одноименную монографию
1939	К. Тролль	Германия	Обосновал новое научное направление – «экология ландшафта»
1942	В. Н. Сукачев	СССР	Предложил понятие «биогеоценоз», заложил основы биогеоценологии
1942	Р. Линдеман	США	Развил представление о трофических уровнях и «пирамиде энергии», установил правило 10%
1944	В. И. Вернадский	СССР	«Несколько слов о ноосфере»
1953	Ю. Одум	США	«Основы экологии» и «Экология» – одни из лучших современных учебников по экологии. Неоднократно переизданы. Русские переводы – 1975 и 1986 гг.
1963	В. Б. Сочава	СССР	Предложил понятие «геосистема»
1968	Дж. Форрестер, Д.	США	Выдвинули идеи глобальной экологии в работах «Римского клуба»

	Медоуз		
1971	Б. Коммонер	США	«Замыкающий круг» – сформулировал четыре закона экологии. Русский перевод – 1974 г.
1994	Н. Ф. Реймерс	Россия	«Экология (теории, законы, принципы и гипотезы)» – систематизировал понятия современной «большой экологии»

Современная экология – это фундаментальная наука о природе, являющаяся комплексной и объединяющая знания основ нескольких классических естественных наук: биологии, геологии, географии, климатологии, ландшафтоведения. Все чаще термином «экология» обозначают совокупность взаимоотношений природы и общества. Рассматривая структуру современной экологической науки, можно выделить три основные ветви:

1 – общая экология, или биоэкология, - это изучение взаимоотношений живых систем разных рангов со средой и между собой. Эту часть экологии в свою очередь подразделяют на аутэкологию (экологию отдельных особей и видов, которые они составляют), демэкологию (популяционную экологию), синэкологию (экологию сообществ), биосферологию (учение о биосфере);

2 – геоэкология – изучение геосфер, их динамики и взаимодействия, геофизических условий жизни, факторов неживой окружающей среды, действующей на организмы;

3 – прикладная экология – аспекты инженерной, социальной, экономической охраны среды обитания человека, проблем взаимоотношений природы и общества, экологических принципов охраны природы.

Живая система – целостная биологическая система, состоящая из взаимозависимых и соподчиненных элементов, взаимоотношения которых и

особенности организации определены их функционированием как целого. В настоящее время принято выделять следующие соподчиненные уровни организации живых систем: молекулярно-генетический → органоидный → клеточный → тканевый → органный → организменный → популяционно-видовой (популяционный) → биоценотический → экосистемный (биогеоценотический) → биосферный.

Объекты изучения современной экологии – отдельные организмы и экологические системы различной сложности в определенных средах обитания. Предмет экологии – экосистемы. Задачи ставятся и решаются в соответствии с конкретным уровнем организации живых систем. К методам, используемым в настоящее время экологами, относятся полевые исследования, эксперимент, моделирование, прогнозирование и др.

Тема 2. Среда обитания. Факторы среды. Основные закономерности действия факторов среды на живые организмы

Вопросы

1. Среда обитания:

- 1) общее понятие среды обитания как целостной системы жизненно важных условий;
- 2) общая характеристика основных сред жизни: наземно-воздушной, водной, почвенной, живого организма.

2. Классификация факторов среды и их характеристика:

- 1) абиотические факторы (климатические, химические, эдафические, гидрографические, орографические, пирогенные);
- 2) биотические факторы (фитогенные, зоогенные);
- 3) антропогенные факторы.

3. Понятие о лимитирующих факторах. «Закон минимума» Ю. Либиха.

4. Основные закономерности действия факторов среды обитания на живые организмы. Закон толерантности В. Шелфорда.

Основные термины и понятия: среда обитания, факторы среды, факторы среды абиотические, факторы среды биотические, факторы среды антропогенные, толерантность (экологическая валентность, пределы выживаемости), эврибионты, стенобионты, лимитирующие (ограничивающие) факторы.

Литература

1. Валова (Копылова) В. Д. Основы экологии. М., 2002.
2. Николайкин Н. И. [и др.]. Экология. М., 2003.
3. Маврищев В. В. Основы экологии. Минск, 2005.
4. Маврищев В. В., Сачек Г. С. Экология. Минск, 2004.

5. Одум Ю. Экология. В 2 т.: пер. с англ. М., 1986.
6. Радкевич В. А. Экология. Минск, 1997.
7. Чернова Н. М., Былова А. М. Экология. М., 1988.
8. Чистик О. В. Экология. Минск, 2001.
9. Шилов И. А. Экология. М., 2000.

Задания

1. Постройте график зависимости жизнедеятельности собаки и ящерицы от действия температуры. Выделите зоны оптимума, пессимума, критические точки на каждом графике. Определите экологическую валентность каждого вида по отношению к температуре. Сделайте соответствующие выводы. Данные температурных границ жизнедеятельности собаки и ящерицы представлены в таблице 2.

Таблица 2

Температурные границы
жизнедеятельности собаки и ящерицы

Вид	Температурные границы, °С		
	оптимальная	минимальная	максимальная
Собака	+ 25	- 40	+ 50
Ящерица	+ 30	+ 5	+ 50

2. Постройте график зависимости жизнедеятельности карася и леща от действия фактора среды – солевого состава воды. При построении следует учитывать, что карась обитает в пресных водах с содержанием солей до 1 г/л, а лещ в солоноватых с содержанием солей до 25 г/л. Выделите зоны оптимума, пессимума и критические точки на каждом графике. Определите экологическую валентность каждого вида по отношению к солевому составу воды. Сделайте

соответствующие выводы. Данные содержания солей в пресной и солоноватой воде приведены в таблице 3.

Таблица 3

Содержание солей в пресной и солоноватой воде и оптимальный уровень солености для некоторых видов рыб

Вид	Оптимальный уровень солености, г/л	Содержание солей, г/л	
		пресная вода	солоноватая вода
Карась	0,5	0-1	
Лещ	12,5		1-25

3. Для роста пшеницы нужна температура от 0 до 42°C, для клена остролистного – от 7 до 26°C, для жизни рыжего муравья – от 1,5 до 50°C, для туберкулезной палочки – от 26 до 41°C. Какие из этих организмов являются стенобионтами, а какие – эврибионтами по отношению к температурному фактору?

4. Проанализируйте действие антропогенных факторов и заполните таблицу 4.

Таблица 4

Действие антропогенных факторов на природные популяции и их последствия

Фактор	Характер первичного действия	Последствия
Истребление	Гибель популяций и видов	
Нерациональное использование: • беспокойство	Изменение поведения особей и их состояния	
• вытаптывание	Уплотнение почвы, гибель	

	особей	
• загрязнение	Изменение химических и физических параметров среды	
• вырубка	Изменение микроклимата, осветление участка	
• расселение	Появление популяции нового вида в сообществе	

5. Растение выживает при температуре воздуха (фактор I), равной 8-32°C, влажности (фактор II) 45-90%, концентрации солей в почве (фактор III) 0,1-5‰ и содержании CO₂ (фактор IV) 0,02-0,09%. Кривые, отражающие зависимость жизнедеятельности организма от интенсивности каждого из перечисленных факторов, имеют сходный вид. Наиболее выраженным лимитирующим действием для данного вида будет обладать среда с сочетанием факторов:

- 1) I – 20; II – 65; III – 1; IV – 0,03;
- 2) I – 9; II – 75; III – 2; IV – 0,2;
- 3) I – 14; II – 81; III – 1; IV – 0,03;
- 4) I – 28; II – 61; III – 1; IV – 0,04.

6. В исследованиях по изучению токсического влияния ионов меди на моллюска битинию Лича было установлено, что к концентрации ниже 0,04 мг/л ионов меди взрослые особи не чувствительны (выживаемость при повышении концентрации от 0 до 0,04 мг/л составляет 100% и 95% соответственно). При увеличении концентрации ионов меди до 0,06 мг/л смертность организмов повышается на 10%. Дальнейшее повышение концентрации до 0,1 мг/л и 2,5 мг/л приводит к смерти в 48% и 96% случаев, и лишь высокие концентрации (3,5 мг/л)

приводят к 100% смертности. Какое по степени действия влияние на организм битинии оказывает концентрация ионов меди 1,5 мг/л? Обоснуйте свои выводы.

7. Некоторую часть своего жизненного цикла камчатский краб существует в виде специализированной личиночной стадии – зоеа. При изучении влияния солености среды на особей данного вида краба на разных стадиях развития были отмечены следующие закономерности. Во взрослом состоянии особей можно отнести к стеногалинным организмам, т.к. они существуют в интервале солености от 20 г/л до 32 г/л, при этом оптимум отмечается при солености воды 25-28 г/л. В момент оплодотворения оптимальная соленость сужается до 26-27,5 г/л при неизменных пределах толерантности. Отложенные яйца сохраняют свою жизнеспособность только при солености от 17 г/л до 28 г/л. Максимальное вылупление зоеа происходит при интервале солености от 23 г/л до 26 г/л. Одновременно изменяется и устойчивость к солености. Если нижний предел снижается до 18 г/л, то верхний незначительно повышается (до 33 г/л). До репродуктивного возраста, при сохранении солености в интервале 23-28 г/л, доживает 82% особей. По приведенным выше данным определите пределы толерантности для камчатского краба как вида в целом. Иллюстрацией к какому закону, описывающему закономерности действия экологических факторов, является данный пример? Сформулируйте этот закон.

Вспомогательный материал к теме

Каждый отдельный организм, являясь самостоятельной биологической системой, постоянно находится в прямых или косвенных отношениях с разнообразными компонентами и явлениями окружающей его среды, или среды обитания, влияющей на состояние и свойства организма. Среда обитания – одно из основных экологических понятий, которое означает весь спектр окружающих

организм элементов и условий, в которых он обитает и с которыми непосредственно взаимодействует.

Среда обитания – совокупность всех абиотических и биотических условий, в которых обитает данная особь, популяция или вид. На Земле в настоящее время четко выделяются 4 среды жизни – водная, наземно-воздушная, почвенная и живые организмы, - существенно различающиеся своими условиями.

При изучении водной среды обитания необходимо уделить особое внимание тем абиотическим факторам, к которым вынуждены приспосабливаться живые организмы. К ним относятся температурный, световой режим воды, ее прозрачность, плотность, вязкость, соленость, текучесть и др. Вода считается той средой, в которой зародилась жизнь.

По мере исторического развития организмы начали заселять наземно-воздушную среду, которые в процессе эволюции приспособились к новым условиям существования. Главные особенности среды состоят в том, что все организмы, населяющие ее, дышат кислородом воздуха и непосредственно связаны с твердым субстратом – почвой.

Почва как среда обитания также обладает рядом специфических свойств, важнейшими из которых являются ее водопроницаемость, аэрируемость, структура, химический и гранулометрический состав.

Живые организмы являются средой обитания для других организмов, главным образом ведущих паразитический и полупаразитический образ жизни.

Факторы среды – отдельные свойства или качества среды, оказывающие влияние на живые организмы.

Классификация факторов среды:

1. Абиотические:

- климатические;
- эдафические;
- орографические;

- гидрографические;
- химические;
- пирогенные;

2. Биотические:

- фитогенные;
- зоогенные;

3. Антропогенные:

- прямые;
- косвенные.

Следует обратить особое внимание на значение каждого из этих факторов в жизни организмов.

Свет. Основным источником света – солнечная радиация. Зеленым растениям свет нужен для образования хлорофилла, формирования гранальной структуры хлоропластов; он регулирует работу устьичного аппарата, влияет на газообмен и транспирацию, активизирует ряд ферментов, стимулирует биосинтез белков и нуклеиновых кислот. Свет влияет на деление и растяжение клеток, ростовые процессы и на развитие растений, определяет сроки цветения и плодоношения, оказывает формообразующее воздействие. Но самое большое значение имеет свет в воздушном питании растений, в использовании ими солнечной энергии в процессе фотосинтеза, побочным продуктом которого является O_2 , необходимый для дыхания всех живых организмов на планете (за исключением анаэробных). Около 42% всей падающей солнечной радиации отражается атмосферой, 15% поглощается толщей атмосферы и идет на ее нагревание и только 43% достигает земной поверхности. Эта доля радиации состоит из прямой радиации (27%) и рассеянной (16%) – лучей, рассеянных молекулами газов воздуха, капельками воды, кристаллами льда, частичками пыли. Общую сумму прямой и рассеянной радиации называют суммарной радиацией. Но и эта радиация не используется

растениями продуктивно. В среднем только 1-5% падающего на растения света используется для фотосинтеза.

Температура. Тепловой режим – важнейшее условие существования живых организмов, так как все физиологические процессы у них возможны при определенных условиях.

Вода – необходимое условие существования жизни, т.к. протекание всех биохимических процессов в клетках и нормальное функционирование любого организма в целом возможны только при достаточном обеспечении его водой.

Большое влияние на распространение животных и растений по земной поверхности оказывают *орографические факторы*. Одним из основных здесь является высота местности над уровнем моря, т.к. с высотой снижаются средние температуры, увеличивается суточная амплитуда температур, понижается атмосферное давление, увеличивается количество осадков, усиливается скорость ветра и т.п.

Биотические факторы, как указано выше, делят на фитогенные и зоогенные. Однако следует также помнить, что к биотическим факторам относят и плотность особей в популяции, и наличие пищевых ресурсов, а также различные типы биотических взаимодействий, такие как хищничество, паразитизм, конкуренцию, нейтрализм, аменсализм, комменсализм, протокооперацию, мутуализм, которые будут рассмотрены далее (см. тему 5 «Биоценоз»).

Другие факторы среды также играют существенную роль в жизни всех организмов Земли.

Лимитирующий фактор – фактор, который ограничивает процесс развития или существования организма, вида или сообщества. Тот факт, что ограничение дозы (или отсутствие) любого из необходимых растению веществ, относящихся как к макро-, так и к микроэлементам, ведет к одинаковому результату – замедлению роста, был впервые изучен одним из основоположников агрохимии

немецким химиком Ю. Либихом. Сформулированный им в 1840 г. вывод называют *законом минимума Либиха*:

рост растения зависит от того элемента питания, который присутствует в минимальном количестве (минимуме).

В качестве иллюстрации данного закона Ю. Либих рисовал бочку с дырками, показывая, что нижняя дырка в бочке определяет уровень жидкости в ней.

В 1913 г. американский зоолог В. Шелфорд впервые предположил, что лимитирующее (ограничивающее) влияние может оказывать не только минимальное действие фактора среды или его полное отсутствие, но и максимальное. Он сформулировал *закон толерантности*:

лимитирующим фактором, ограничивающим развитие организма, может быть как минимум, так и максимум экологического воздействия.

Позже закон толерантности был дополнен следующими положениями американского эколога Ю. Одума:

- организмы могут иметь широкий диапазон толерантности в отношении одного экологического фактора и низкий диапазон в отношении другого;
- организмы с широким диапазоном толерантности в отношении всех экологических факторов обычно наиболее распространены;
- диапазон толерантности может сузиться и в отношении других экологических факторов, если условия по одному экологическому фактору не оптимальны для организма;
- многие факторы среды становятся ограничивающими (лимитирующими) в особо важные (критические) периоды жизни организмов, особенно в период размножения.

Изучая данную тему также необходимо обратить внимание на такие общие закономерности действия факторов на организм как:

- неоднозначность действия факторов на разные функции;

- изменчивость, вариабельность и разнообразие ответных реакций на действие факторов среды у отдельных особей вида;
- приспособление видов к каждому из факторов среды относительно независимым путем;
- несовпадение экологических спектров отдельных видов;
- взаимодействие факторов.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Тема 3. Адаптации организмов к факторам среды

Вопросы

1. Понятие адаптации.
2. Адаптации организмов к свету:
 - 1) адаптации растений к свету. Экологические группы растений по отношению к свету;
 - 2) адаптации животных к свету.
3. Адаптации организмов к температуре.
4. Адаптации организмов к воде (влажности):
 - 1) экологические группы водных организмов;
 - 2) экологические группы животных суши по отношению к воде;
 - 3) экологические группы растений по отношению к воде.
5. Биологические ритмы, биологические часы, адаптации организмов к сезонным изменениям.
6. Жизненные формы:
 - 1) понятие жизненной формы;
 - 2) классификация жизненных форм растений по И. Г. Серебрякову;
 - 3) классификация жизненных форм растений по К. Раункиеру;
 - 4) классификация жизненных форм животных по Д. Н. Кашкарову.

Основные термины и понятия: адаптация, гелиофиты, сциофиты, факультативные гелиофиты, гигрофиты, гидрофиты, гидатофиты, мезофиты, ксерофиты, суккуленты, склерофиты, жизненная форма, биологические ритмы, биологические часы, фотопериодизм.

Литература

1. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев, 1989.

2. Курсков А. Н. В этом удивительном мире животных. Минск, 1988.
3. Маврищев В. В. Основы экологии. Минск, 2005.
4. Одум Ю. Экология. В 2 т.: пер. с англ. М., 1986.
5. Радкевич В. А. Экология. Минск, 1997.
6. Федарук А. Т. Жыццёвыя формы раслін. Минск, 1996.
7. Чернова Н. М., Былова А. М. Экология. М., 1988.
8. Шилов И. А. Экология. М., 2000.

Задания

1. Прокомментируйте следующее высказывание: «Так как рождается гораздо больше особей каждого вида, чем может выжить, и так как между ними поэтому возникает борьба за существование, то из этого следует, что любое существо, если оно хотя бы незначительно изменится в направлении, выгодном для него в сложных и нередко меняющихся условиях его жизни, будет иметь больше шансов выжить и, таким образом, будет сохраняться естественным отбором. В силу действия закона наследственности всякая сохраненная отбором разновидность будет размножаться в своей новой видоизмененной форме» (Ч. Дарвин).

2. Какие из перечисленных ниже адаптаций относятся к анатомо-морфологическим, какие – к физиологическим, а какие – к этологическим (поведенческим):

- 1) брачные ритуалы;
- 2) мимикрия;
- 3) защитный покров;
- 4) наличие солевых желез у морских обитателей;
- 5) накопление жира пустынными животными;
- 6) забота о потомстве;

- 7) обтекаемая форма тела;
- 8) наличие колючек;
- 9) постоянная температура тела.

3. Дайте объяснение следующему явлению: как бы придерживаясь внутреннего расписания, многие виды птиц в определенное время просыпаются и начинают петь. Соловей и жаворонок – в 2 ч ночи, полевые жаворонки, кукушки, иволги – в 3 ч. Чуть позже вылетают из гнезд пеночки, дятлы и другие птицы.

4. Объясните результаты опытов Ч. Блэгдена (Англия), который с друзьями и собакой провел 45 мин в сухой камере при температуре + 126°C без вреда для здоровья, в то время как кусок мяса, взятый в камеру, оказался сваренным.

5. Заполнить таблицу адаптаций к засушливым условиям среды (табл. 5).

Таблица 5

Адаптации к засушливым условиям у растений и животных

№ п/п	Адаптация, морфофизиологическая характеристика	Примеры
I	Уменьшение потери воды: 1) листья превращены в иглы; 2) толстая восковая кутикула; 3) дыхательные отверстия закрыты клапанами.	
II	Увеличение поглощения воды: 1) длинные корни; 2) обширная поверхностная корневая система; 3) прорытие ходов к воде.	

III	Запасание воды: 1) в слизистых клетках и клеточных стенках; 2) в виде жира (вода – продукт окисления).	
IV	Уклонение от проблемы: 1) переживают неблагоприятный период в виде луковиц, клубней; 2) летняя спячка.	

6. Предложите схему опыта, доказывающего эндогенный или экзогенный механизм возникновения биологического ритма. Особое внимание при описании процесса обратите на роль значимого для организма экологического фактора среды.

Вспомогательный материал к теме

Способность к адаптации – одно из основных свойств жизни вообще, так как обеспечивает саму возможность ее существования, способность организмов выживать и размножаться. *Адаптация* – приспособление организмов к условиям среды. Различают адаптации:

- морфологические (анатомо-морфологические, структурные) – любые приспособления организма на уровне клетки, тканей или целого организма (например, окраска, форма тела);
- физиологические – способность организмов приспосабливать свой метаболизм к меняющимся условиям среды; протекает на молекулярном уровне (например, зимняя спячка, листопад);

- поведенческие (этологические) – приспособления организмов к условиям среды, связанные с изменениями в их поведении (например, поиск убежищ, изменение положения тела в пространстве).

Из ранее изученного (см. тему 2) известно, что к каждому фактору среды организмы приспосабливаются относительно независимым путем. Необходимо рассмотреть адаптации растений и животных к основным абиотическим факторам среды обитания.

Адаптации к свету. Растения по отношению к свету делятся на 3 группы:

- гелиофиты (светлюбивые, световые растения) – растения открытых, постоянно хорошо освещаемых местообитания, которые либо совсем не переносят, либо плохо переносят даже незначительное затенение. Адаптации: листья мелкие, сезонный диморфизм (весной листья мелкие, летом – крупные), листья расположены под большим углом к стеблю, иногда почти вертикально, листовая пластинка блестящая или густо опушенная, растения образуют разреженные насаждения. Интенсивность фотосинтеза достигает максимума при полном солнечном освещении;
- сциофиты (теньевые растения) – растения нижних ярусов лесов, пещер, глубоководные растения, которые плохо переносят сильное освещение солнечными лучами. Адаптации: листья темно-зеленого цвета, крупные, нежные, часто подвижные, характерна листовая мозаика. Адаптация к условиям недостаточной освещенности сочетается у них с высокой потребностью в водоснабжении и поэтому в условиях сильной освещенности они не могут эффективно регулировать испарение и обычно высыхают;
- факультативные гелиофиты (теневыносливые растения) – растения, которые могут переносить определенный уровень затенения, но лучше растут на свету. Они легче других приспосабливаются к изменяющимся условиям освещения.

Для животных солнечный свет не является таким необходимым фактором, как для зеленых растений. Свет для животных – необходимое условие зрительной ориентации в пространстве. Основная адаптация к свету – развитие органов зрения, которое шло параллельно с развитием нервной системы.

Адаптации организмов к температуре. Возможность прохождения биохимических процессов в значительной степени зависит от температуры. Оптимальная температура для основной массы живых организмов находится в пределах 15-35°C. При температуре ниже точки замерзания воды живая клетка физически повреждается образующимися кристаллами льда и гибнет, а при высоких температурах происходит денатурация ферментов. Абсолютное большинство растений и животных не выдерживает отрицательных температур тела. Верхний температурный предел жизни редко поднимается выше 50°C.

В диапазоне между крайними границами скорость ферментативных реакций (следовательно, и интенсивность обмена веществ) удваивается с повышением температуры на каждые 10°C. Значительная часть организмов способна поддерживать постоянную температуру тела, независимо от температуры окружающей среды. Такие организмы называются *гомойотермными* – теплокровными (птицы, млекопитающие), в отличие от *гомойотермных* – холоднокровных, имеющих непостоянную температуру, зависящую от температуры окружающей среды (беспозвоночные, земноводные, пресмыкающиеся, рыбы). Также известны организмы *гетеротермные*, которые в период активности обладают постоянной температурой тела, а в период отдыха или спячки она несколько понижается (суслики, сурки, барсуки, бурые медведи, летучие мыши, ежи и др.). Гетеротермия – частный случай гомойотермии.

Основные пути температурных адаптаций у животных:

- 1) химическая терморегуляция – активное увеличение теплопродукции в ответ на понижение температуры среды;

- 2) физическая терморегуляция – изменение уровня теплоотдачи, способность удерживать тепло или рассеивать его избыток. Осуществляется благодаря волосяному и перьевому покровам, распределению жировых запасов, возможностям испарения и др.;
- 3) поведение организмов, т.е. перемещаясь в пространстве или иначе изменяя свое поведение животные могут избегать неблагоприятных температур.

Высшие растения умеренного пояса эвритермны, то есть имеют широкий диапазон экологической валентности по отношению к температуре. Они переносят в активном состоянии колебания температур, достигающие 60°C. Растения дождевых тропических лесов stenотермны. Они не переносят ухудшения теплового режима и даже температуры +5-8°C для них губительны. Также stenотермными являются некоторые водоросли, обитающие в полярных льдах и снегах высокогорий, которые живут только при температуре около 0°C.

Адаптации к воде (влажности). Экологические группы растений по отношению к воде:

- 1) *гидатофиты* - водные растения, полностью или большей своей частью находящиеся в воде. Адаптации: редуцированы устьица, нет кутикулы, листовые пластинки, как правило, тонкие, рассеченные, что способствует более полному использованию света и усвоению CO₂, нередко встречается разнолистность – гетерофилия, поддерживаемые водой побеги часто не имеют механических тканей, в них хорошо развита аэренхима, корневая система сильно редуцирована, иногда отсутствует совсем или утратила свои основные функции, поглощение воды и минеральных солей происходит всей поверхностью тела, цветоносные побеги, как правило, выносят цветки над водой, а после опыления цветки снова могут погружаться, и созревание плодов происходит под водой;
- 2) *гидрофиты* – растения, частично погруженные в воду (наземно-водные). Адаптации: хорошо развита аэренхима, есть устьица, интенсивность

транспирации очень высока, и они могут расти только при постоянном интенсивном поглощении воды;

- 3) *гигрофиты* – наземные растения, приуроченные к избыточно увлажненным местообитаниям, где воздух насыщен водяными парами. Адаптации: водяные устьица, выделяющие капельно-жидкую влагу, листья обычно тонкие, со слабо развитой кутикулой, содержат много свободной воды, обводнение тканей достигает 80% и более;
- 4) *мезофиты* – растения, произрастающие при среднем увлажнении. Эта группа очень обширна. По способности регулировать свой водный обмен одни из видов, входящих в ее состав, приближаются к гигрофитам, другие – к ксерофитам;
- 5) *ксерофиты* – растения, приспособившиеся к жизни в местах с недостатком влаги и способные переносить ее большой недостаток. По характеру адаптаций делятся на 2 типа:
 - суккуленты – растения с сочными листьями или стеблями, в которых накапливается вода. Листья могут быть редуцированы, стебли и листья имеют мощный восковой налет или густо опушены. Корневая система обычно неглубокая, но сильно распростертая;
 - склерофиты – растения, сухие на вид, с жесткими листьями, что предотвращает излишнее испарение. Могут иметь либо очень глубокие корни, достигающие грунтовых вод, либо поверхностные, поглощающую атмосферную влагу.

Биологические ритмы – равномерные чередования во времени каких-либо состояний организма, возникшие как приспособление живых существ к цикличности происходящих изменений во внешней среде. Различают ритмы:

- суточные;
- приливо-отливные;
- равные лунному месяцу;

- годовичные и др.

Способность организма реагировать на интервалы времени, связанные с этими процессами называется *биологическими часами*.

Внешний облик разных организмов, отражающий их приспособленность к сходным условиям среды получил название *жизненной формы*.

Классификация жизненных форм животных по Д. Н. Кашкарову, основанная на способах передвижения в различной среде обитания:

1. Плавающие:

- чисто водные;
- полуводные.

2. Роющие:

- абсолютные землерои;
- относительные землерои.

3. Наземные:

- не делающие нор;
- делающие норы;
- животные скал.

4. Древесные лазающие формы:

- не сходящие с деревьев;
- лишь лазающие по деревьям.

5. Воздушные:

- добывающие пищу в воздухе;
- высматривающие пищу из воздуха.

И. Г. Серебряков в 1964 г. разработал эколого-морфологическую классификацию жизненных форм семенных растений на основе внешнего вида и продолжительности жизни вегетативных органов. В этой группе выделяются следующие группы жизненных форм:

1) древесные растения:

а) дерево – одноствольное растение, ветвление которого начинается высоко над поверхностью земли, а ствол живет от нескольких десятков до нескольких сотен (тысяч) лет;

б) кустарник – многоствольное растение высотой 1-6 м, ветвление которого начинается от основания;

в) кустарнички – многостебельное растение высотой до 1 м, живущее несколько десятков лет;

2) полудревесные растения:

а) полукустарники;

б) полукустарнички.

Полукустарники и полукустарнички имеют меньшую продолжительность жизни скелетных осей, чем кустарники, у них ежегодно отмирают верхние части годовичных побегов;

3) травянистые растения:

а) однолетние травы;

б) многолетние травы.

Классификация жизненных форм растений К. Раункиера, основанная на положении почек возобновления в неблагоприятный для вегетации период года, представлена в таблице 6.

Таблица 6

Классификация жизненных форм растений (К. Раункиер, 1905)

Жизненная форма	Характеристика
Фанерофиты	Почки возобновления находятся на побегах высоко над поверхностью земли (не менее 30 см) (деревья, кустарники, деревянистые лианы).
Хамефиты	Почки возобновления находятся на приземных побегах или на приземных частях побегов на высоте 20-30 см над поверхностью почвы и зимой обычно защищены от

	вымерзания снежным покровом (низкорослые кустарники, кустарнички, некоторые многолетние травы).
Гемикриптофиты	Почки возобновления находятся непосредственно на поверхности почвы и защищены от вымерзания чешуями, опавшими листьями, снежным покровом (многолетние травянистые растения умеренных широт).
Криптофиты	Почки возобновления находятся в почве (геофиты) или в воде (гидрофиты) в виде клубней, луковиц, корневищ (болотные растения, прибрежные растения).
Терофиты	Однолетние растения, переживающие неблагоприятный период года в виде семян (многие сорняки)

Тема 4. Экология популяций

Вопросы

1. Понятие популяции. Основные популяционные характеристики:

- 1) трактовка понятие «популяция» в трудах различных ученых;
- 2) основные динамические (временные) характеристики популяции (рождаемость, смертность, прирост, иммиграция, эмиграция);
- 3) основные статические характеристики популяции (численность, плотность);
- 4) регуляция численности популяции. Механизмы регуляции численности.

2. Структура популяции. Основные виды популяционных структур и их адаптивное значение:

- 1) пространственная структура популяции;
- 2) возрастная структура популяции;
- 3) половая структура популяции.

3. Основные типы межпопуляционных взаимоотношений, их характеристика:

- 1) конкуренция. Внутривидовая и межвидовая конкуренция. Закон конкурентного исключения Г. Ф. Гаузе;
- 2) хищничество;
- 3) паразитизм;
- 4) другие типы межпопуляционных взаимоотношений.

4. Концепция экологической ниши.

Основные термины и понятия: популяция, рождаемость, максимальная рождаемость, смертность, прирост популяции, численность, плотность, конкуренция, хищничество, паразитизм, экологическая ниша.

Литература

1. Бигон М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества. В 3 т. М., 1989.
2. Галковская Г. А. Основы популяционной экологии. Минск, 2001.
3. Гиляров А. М. Популяционная экология. М., 1990.
4. Маврищев В. В. Основы экологии. Минск, 2005.
5. Николайкин Н. И. [и др.]. Экология. М., 2003.
6. Одум Ю. Экология. В 2 т.: пер. с англ. М., 1986.
7. Сапега В. А. Практикум по экологии. Тюмень, 2002.
8. Тимофеев-Ресовский Н. В. [и др.]. Очерк учения о популяциях. М., 1973.
9. Чистик О. В. Экология. Минск, 2001.
10. Шилов И. А. Экология. М., 2000.
11. Шилова С. А. Популяционная экология как основа контроля численности млекопитающих. М., 1993.

Задания

1. Прокомментируйте следующее высказывание: «Бактерия *Bacillus coli* делится каждые 20 минут; при таком ритме размножения достаточно 36 часов, чтобы этот одноклеточный организм покрыл весь земной шар сплошным слоем... Рост числа особей при отсутствии каких-либо тормозящих причин шел бы в геометрической прогрессии. Это и есть та способность к размножению, которая соответствует понятию биотического потенциала» (Р. Дажо).

2. Рассчитайте смертность во время спячки в пяти популяциях малого суслика. На каком участке смертность оказалась наиболее высокой? Полученные результаты занесите в таблицу 7 и сделайте вывод.

Таблица 7

Плотность популяции, выживаемость и смертность
в различных популяциях малого суслика

Популяция	Плотность перед впадением в спячку, особ./га (a_1)	Число, особ.		Смертность, % (C)
		выживших (a_2)	погибших (H)	
I	160	107		
II	90	76		
III	180	125		
IV	110	87		
V	105	94		

Пояснения к выполнению задания. При расчете смертности в популяции малого суслика сначала необходимо определить число погибших особей по формуле:

$$H = a_1 - a_2,$$

где H – число погибших особей; a_1 – плотность перед впадением в спячку, особ./га; a_2 – число выживших особей.

После этого определяется смертность по формуле:

$$C = H \times 100/a_1,$$

где C – смертность, %; H – число погибших особей; a_1 – плотность перед впадением в спячку, особ./га.

3. Рассчитайте смертность популяции лося в охотничьих хозяйствах. Дайте оценку плотности популяции (оптимальная, низкая, высокая, очень высокая), если для лесов среднего качества плотность популяции лося должна быть 3-5 особей на 1000 га. Полученные результаты занесите в таблицу 8 и сделайте вывод.

Таблица 8

Площадь охотничьего хозяйства, численность и плотность популяции лося

№ п/п	Площадь охотничьего хозяйства, га (S_1)	Лесистость, % (L)	Площадь, занятая лесом, га (S)	Числен- ность лося, особ. (A)	Плотность популяции лося, особ./1000	Оценка плотности
----------	------------------------------------------------------	----------------------	-----------------------------------------	----------------------------------------	-----------------------------------------------	---------------------

					га (N)	
1.	39000	73		130		
2.	45000	67		121		
3.	50000	71		137		
4.	57000	84		168		
5.	63000	80		155		

Пояснения к выполнению задания. При расчете плотности популяции лоса сначала необходимо определить площадь охотничьего хозяйства, которая покрыта лесом. Для этого используется следующая формула:

$$S = S_1 \times L / 100,$$

где S – площадь, покрытая лесом, га; S_1 – площадь охотничьего хозяйства, га; L – лесистость, %.

Плотность популяции лоса после этого определяется по формуле:

$$N = A / S \times 1000,$$

где N – плотность популяции, особ./1000 га; A – численность лоса, особ.; S – площадь, покрытая лесом, га.

4. В таблице 9 приведены данные об изменении возрастной структуры популяции копытного лемминга на острове Врангеля в летние месяцы 1972-1975 гг. Постройте гистограммы возрастных состояний для популяций по месяцам для каждого года, принимая за 100% численность популяции ежемесячно (каждый возраст – в процентах от 100%). Проанализируйте ежегодные изменения возрастной структуры популяции копытного лемминга. На основе анализа опишите, как будет выглядеть возрастная структура популяции по месяцам в летний сезон 1976 г. Изобразите ее графически.

Таблица 9

Изменение возрастной структуры популяции
копытного лемминга на о. Врангеля

Год	Общее количество особей	Месяц	Количество особей разного возраста в популяции		
			взрослые прошлого года	молодые весенние	молодые летние
1972		Июнь	70	10	—
		Июль	48	24	8
		Август	12	4	64
1973		Июнь	84	36	—
		Июль	60	15	33
		Август	45	10	45
1974		Июнь	66	44	—
		Июль	60	12	40
		Август	45	21	164
1975		Июнь	153	51	—
		Июль	116	27	23
		Август	15	20	95

5. Заполните таблицу 10.

Таблица 10

Классификация биотических взаимодействий

Тип взаимодействия	Популяция		Общий характер Взаимодействия
	1	2	
Нейтрализм	0	0	
Конкуренция	—	—	
Аменсализм	—	0	
Паразитизм	+	—	

Хищничество	+	–	
Комменсализм	+	0	
Протокооперация	+	+	
Мутуализм	+	+	

6. Ниже приведены данные о среднем числе оплодотворенных яиц, производимых в течение всей жизни самками различных животных:

устрица – 100×10^6 ;

треска – 9×10^6 ;

камбала – 35×10^4 ;

лосось – 10×10^4 ;

мышь – 50;

акула – 20;

пингвин – 8;

слон – 5.

Проанализируйте эти данные и дайте ответы на следующие вопросы (выполните следующие задания):

а) сколько оплодотворенных яиц от одной самки в среднем должно выжить, чтобы численность популяции каждого из перечисленных видов оставалась постоянной?

б) напишите для каждого вида число потомков, которые должны погибать до наступления половой зрелости, чтобы численность популяции не изменялась. Затем выразите это число в виде процента от общего числа оплодотворенных яиц (это даст величину смертности в предрепродуктивный период).

в) объясните, почему плодовитость акулы намного меньше, чем у других рыб, данные для которых приведены выше.

7. Чтобы оценить численность форели озерной в небольшом озере, был проведен контрольный отлов, при котором в сеть попали 625 особей. Все они были помечены и выпущены обратно. Через три недели повторным отловом поймано 873 половозрелые форели, из которых 98 имели метки. Определите общую численность популяции форели озерной в данном водоеме.

8. Приводимые ниже средние цифры относятся к нерке – рыбе из семейства лососевых, обитающей в реках Канады. Осенью каждая самка откладывает 3200 икринок на гравий в мелких местах. Следующей весной 640 мальков, выведшихся из отложенной икры, выходят в озеро вблизи отмели; уцелевшие 64 серебрянки (мальки постарше) живут в озере один год, а затем мигрируют в море. Две взрослые рыбы (уцелевшие из числа серебрянок) возвращаются к местам нереста спустя 2,5 года; они нерестятся и умирают. Подсчитайте процент смертности для нерки в каждом из следующих периодов:

- а) от откладки икры до переселения мальков в озеро спустя шесть месяцев;
- б) за 12 месяцев жизни в озере;
- в) за 30 месяцев от выхода из озера до возвращения к местам нереста.

Нарисуйте кривую выживания нерки в этой водной экосистеме. Какова величина предрепродуктивной смертности среди этих лососевых?

9. На северо-востоке Западной Сибири обитают два вида крупных чаек – серебристая и розовая. Их условия обитания и характер питания сходны, однако в данном случае закон Г. Ф. Гаузе не работает. Каковы причины сосуществования без конкуренции на одной территории популяций этих видов?

10. В пруду площадью 25 га при проведении исследований отловлено одной и той же сетью в первый раз 16 особей пеляди, а во второй раз – 21 особь, среди которых лишь две особи с меткой, поставленной при первом отлове, выпущены

обратно в пруд. Емкость среды для пеляди в данном пруду – 520 особей. Можно ли провести дополнительное вселение молоди пеляди в данный пруд?

Вспомогательный материал к теме

Понятие «популяция» является одним из ведущих в экологии. На популяционном уровне осуществляется как генетическая преемственность поколений, так и регуляция таких важных свойств, как плодовитость, численность, устойчивость к заболеваниям и т. д. Все эти свойства определяются совокупностью наследственной информации, которая передается от родителей к потомкам и сохраняется во времени в условиях постоянно изменяющейся среды.

Популяция – группа особей одного вида, населяющих определенное пространство (ареал популяции), взаимодействующих между собой и способных обмениваться генетической информацией. Любая популяция обладает статическими (пространственными) и динамическими (временными) признаками. К основным динамическим признакам популяции относятся:

- *рождаемость* – число новых особей (яиц, семян, эмбрионов), появившихся в популяции за единицу времени.

Существует понятие *максимальная рождаемость* – максимально возможное количество особей, производимых в идеальных условиях, т.е. при отсутствии лимитирующих (ограничивающих) факторов.

- *смертность* – количество погибших в популяции особей за единицу времени независимо от причины смерти (старость, элиминация хищниками, болезнями и т.д.);
- *прирост популяции* – разница между рождаемостью и смертностью за определенный период времени;
- *иммиграция* – вселение организмов в популяцию из других областей (других популяций данного вида);

- *эмиграция* – выселение организмов данной популяции в другую область (популяцию).

Основными статическими характеристиками популяции являются:

- *численность* – общее количество особей данной популяции на определенной территории (или в определенном объеме);
- *плотность* – величина популяции (численность, биомасса), отнесенная к единице пространства (единице площади или объема).

Численность популяций имеет биологический смысл только тогда, когда четко очерчены границы популяции и есть возможность пересчитать всех особей в пределах этих границ. Однако, непосредственный учет численности в большинстве случаев невозможен. Поэтому реальной мерой обилия является плотность. То есть, употребляемые в популяционной экологии понятия «численность» и «плотность» равнозначны, так как всегда речь идет о численности на единицу пространства.

Структура популяции – определенное количественное соотношение особей в популяции по какому-либо признаку. Различают половую, возрастную, пространственную, этологическую, или поведенческую, генетическую, фенетическую и другие типы структуры популяции.

Под *пространственной структурой* популяции понимаются особенности и характер размещения особей в пространстве. Таких типов выделяют 3: случайное, регулярное (равномерное) и групповое (пятнистое, скученное, агрегированное).

- *случайное* распределение в природе встречается редко. Оно наблюдается в случаях, когда среда очень однородна, а организмы не стремятся объединиться в группы;
- *равномерное* распределение встречается там, где между особями очень сильна конкуренция или существует антагонизм;
- *групповое* распределение – наиболее распространенный тип в природных условиях. Образование групп происходит вследствие различных причин

(локальные различия в местообитании, влияние суточных и сезонных изменений условий среды, процессы размножения) и обусловлено главным образом микрокомплексностью среды и мозаичностью экологических условий.

Пространственная структура имеет важное экологическое значение, т.к., во-первых, определенный тип использования территории позволяет популяции снизить внутривидовую конкуренцию, что делает популяцию более устойчивой в экосистеме, а во-вторых, она обеспечивает взаимодействие особей внутри популяции, без которого популяция не может выполнять свои видовые функции (размножение, расселение) и функции, связанные с участием в экосистеме (участие в круговоротах веществ, создание биологической продукции и др.).

Средняя продолжительность жизни организмов и соотношение численности (или биомассы) особей различного возраста характеризуются *возрастной*, а соотношение особей разного пола – *половой структурами популяции*.

Формирование возрастной структуры происходит в результате совместного действия процессов размножения и смертности. В настоящее время в популяции выделяют 3 экологические возрастные группы: пререпродуктивную, репродуктивную и пострепродуктивную. Первую из них составляют молодые дополовозрелые особи, вторую – половозрелые, третью – старые особи, которые уже выполнили свою биологическую функцию. Со временем даже в пределах одной и той же популяции могут происходить значительные изменения возрастной структуры. В таких случаях начинают работать механизмы, автоматически возвращающие популяцию к некоторому нормальному для данной популяции возрастному распределению. Причем популяции, включающие в себя много возрастных групп, в меньшей степени подвержены воздействию факторов, влияющих на размножение. Даже крайне неблагоприятные условия, вызывающие полную гибель приплода в тот или иной год, не становятся катастрофическими для популяции сложной структуры, т.к. родительские пары участвуют в

воспроизводстве многократно. Тем не менее следы изменений условий жизни сохраняются в облике сложных популяций гораздо дольше, чем простых.

Смертность и возрастная структура видов зависят от того, какие шансы для выживания имеют особи в различных возрастных группах. На рисунке 1 показаны кривые выживаемости различных видов, полученные путем подсчета процента живых особей в отдельных популяциях.

Кривая А близка к идеальной кривой выживаемости для популяции, в которой старение – главный фактор, влияющий на смертность, так как роль внешних факторов в смертности невелика. Эта кривая характеризуется небольшим понижением до определенного возраста, после которого происходит резкое падение вследствие естественной (физиологической) смертности. Такой тип выживаемости характерен в природных условиях для многих насекомых, однолетних растений, а также для человека. Так, в современной развитой стране с высоким уровнем медицинского обслуживания и рациональным питанием большинство людей доживает до старости, но среднюю ожидаемую продолжительность жизни невозможно увеличить более чем до 75 лет. Поскольку даже в наиболее высокоразвитых странах существует детская смертность, а количество долгожителей, как правило, незначительно. Кроме того, на кривую выживания влияет фактор «случайной гибели», причины которой с возрастом могут меняться. Например, в Англии наибольшая смертность в результате автомобильных аварий приходится на возраст 20-25 лет.

Кривая С иллюстрирует изменения в популяции, у которой смертность относительно постоянна в течение всей жизни организмов. В природе к таким видам относятся, например, растения, размножающиеся благодаря рассеиванию большого числа семян, устрицы, дающие огромное потомство, а также многие другие виды, характеризующиеся большой плодовитостью и отсутствием заботы о потомстве.

Кривую выживаемости В относят к промежуточному типу, так как смертность мало меняется с возрастом. В природе существует много видов птиц, рыб, пресмыкающихся, мелких млекопитающих, многолетних травянистых растений, имеющих подобный тип выживаемости.

Для роста численности популяций большое значение имеет соотношение особей по полу. Половая структура популяции характеризуется первичным (при образовании зигот), вторичным (у новорожденных, независимо от способа воспроизведения, особей) и третичным (в момент наступления половой зрелости) соотношением полов. Генетический механизм обеспечивает примерно равное соотношение особей разного пола при рождении. Однако исходное соотношение вскоре нарушается в результате различий физиологических, поведенческих и экологических реакций самцов и самок, вызывающих неравномерную смертность.

Анализ возрастной и половой структуры популяции позволяет прогнозировать ее численность на ряд ближайших поколений и лет.

Межпопуляционные взаимоотношения. Организмы внутри одной популяции и особи разных популяций в природе не существуют изолированное друг от друга, а постоянно находятся в различного рода взаимоотношениях. На сегодняшний день разными учеными выделяется разное их количество. В классическом труде Ю. Одума выделено 9. К ним относятся:

- конкуренция – соперничество между особями одного (внутривидовая) или разных (межвидовая) видов за одни и те же ресурсы среды при недостатке последних. Различают конкуренцию за общий ресурс и взаимное конкурентное подавление.

Советский ученый Г. Ф. Гаузе изучал рост и конкурентные взаимоотношения двух видов инфузорий. Оба вида хорошо существовали в монокультуре на одной и той же питательной среде, в качестве которой берутся бактериальные или дрожжевые клетки, растущие на овсяной муке. При совместном выращивании этих двух видов один из них оказался более

конкурентоспособным в захвате пищи. Через 5-6 суток численность второго вида начала резко уменьшаться, и спустя примерно 20 суток он почти полностью исчез. Выживший вид достиг стационарной фазы роста позднее, чем при выращивании в отдельной культуре. Хотя этот вид и более конкурентоспособен, но на него также отрицательно влияет конкуренция.

Это позволило Г. Ф. Гаузе в 1934 г. сформулировать закон конкурентного исключения, который гласит:

два вида не могут существовать в одном и том же местообитании, если их экологические потребности идентичны;

- хищничество – питание животными (но не падалью), с их поимкой и умерщвлением;
- паразитизм – форма взаимоотношения между популяциями, при которой один организм (паразит) живет за счет тканей или соков другого (хозяина);
- симбиоз – форма совместного существования организмов разных видов, в результате которого один или все партнеры получают преимущества в отношениях с внешней средой;
- нейтрализм – ассоциация двух популяций, не оказывающая влияние ни на одну из них;
- аменсализм – взаимодействие, при котором одна популяция подавляет другую, но сама при этом не испытывает никакого воздействия (ни положительного, ни отрицательного);
- комменсализм – такой тип взаимодействия, при котором одна популяция получает выгоду, а для другой это взаимодействие безразлично;
- протокооперация – тип взаимодействия, при котором обе популяции получают от ассоциации выгоду, но эти отношения не являются обязательными.

Экологическая ниша – совокупность всех факторов среды, в пределах которых возможно существование вида в природе. Этот термин был введен Дж.

Гриннеллом с целью обозначения самой мелкой единицы распространения вида. Уточненное определение было дано в 1958 г. Г. Хатчинсоном, который подразделили ниши на:

- фундаментальные – охватывают все множество оптимальных условий, в которых данный вид может обитать в отсутствии врагов;
- реализованные – фактический комплекс условий, в которых вид обычно существует.

Большинство организмов не обитает в своей потенциальной фундаментальной нише, а вследствие взаимодействий с другими организмами (главным образом, хищничества и конкуренции) занимает меньшую по размерам реализованную нишу.

Тема 5. Биоценоз

Вопросы

1. Биоценоз. Видовой состав и видовое разнообразие биоценозов.
2. Соотношение видового разнообразия и численности видов в системе экотоп-экотон. Правило краевого (опушечного) эффекта.
3. Пространственная структура биоценоза:
 - 1) вертикальная структура биоценоза;
 - 2) горизонтальная структура биоценоза.
4. Трофическая структура биоценоза:
 - 1) основные функциональные компоненты биоценоза;
 - 2) экологические пирамиды;
 - 3) правило 10% (правило Р. Линдемана).

Основные термины и понятия: биоценоз, фитоценоз, зооценоз, микробоценоз, ярус, продуценты, консументы, редуценты (деструкторы), трофическая (пищевая) цепь, трофическая (пищевая) сеть, трофический уровень, экологическая пирамида.

Литература

1. Маврищев В. В. Основы экологии. Минск, 2005.
2. Маврищев В. В., Сачек Г. С. Экология. Минск, 2004.
3. Николайкин Н. И. [и др.]. Экология. М., 2003.
4. Одум Ю. Экология. В 2 т.: пер. с англ. М., 1986.
5. Радкевич В. А. Экология. Минск, 1997.
6. Реймерс Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы, и гипотезы). М., 1994.
7. Риклефс Р. Основы общей экология. М., 1989.

8. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы: пер. с англ. М., 1980.
9. Чернова Н. М., Былова А. М. Экология. М., 1988.
10. Чистик О. В. Экология. Минск, 2001.
11. Шилов И. А. Экология. М., 2000.

Задания

1. Постройте экологические пирамиды численности, биомассы и энергии по данным, приведенным в таблице 11.

Таблица 11

Соотношение вещества и энергии в
пищевой цепи «люцерна – теленок – ребенок»

Трофический уровень	Звенья пищевой цепи	Количество (число)	Биомасса, кг	Энергия, Дж
IV	Ребенок	1	48	$3,5 \cdot 10^4$
III	Теленок	4,5	1035	$5,0 \cdot 10^6$
II	Люцерна	$2 \cdot 10^7$	8211	$6,2 \cdot 10^7$
I	Солнечная энергия	—	—	$2,6 \cdot 10^{11}$

2. Объясните, как вы понимаете закон шагреновой кожи: глобальный исходный природно-ресурсный потенциал в ходе исторического развития непрерывно истощается. Это следует из того, что никаких принципиально новых ресурсов, которые могли бы появиться в настоящее время, нет. «Для жизни каждого человека в год необходимо 200 т твердых веществ, которые он с помощью 800 т воды и в среднем 1000 Вт энергии превращает в полезный для себя продукт» (Н. Ф. Реймерс). Все это человек берет из уже имеющегося в природе.

3. Какие из ниже перечисленных пищевых цепей относятся к цепям выедания, а какие – к цепям разложения?

а) РАСТИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ (например, нектар) → МУХА → ПАУК → ЗЕМЛЕРОЙКА → СОВА;

б) ЛИСТОВАЯ ПОДСТИЛКА ЛЕСА → ДОЖДЕВОЙ ЧЕРВЬ → ЧЕРНЫЙ ДРОЗД → ЯТРЕБ-ПЕРЕПЕЛЯТНИК;

в) МЕРТВОЕ ЖИВОТНОЕ → ЛИЧИНКИ ПАДАЛЬНОЙ МУХИ → ТРАВЯНАЯ ЛЯГУШКА → ОБЫКНОВЕННЫЙ УЖ;

г) СОК РОЗОВОГО КУСТА → ТЛЯ → БОЖЬЯ КОРОВКА → НАСЕКОМОЯДНАЯ ПТИЦА → ХИЩНАЯ ПТИЦА.

4. Определите, какое максимальное количество паразитов может прокормиться в организме хозяина, если масса одного паразита – 10 г и в 1 г его тела заключено 200 ккал энергии. Хозяин – травоядное животное со средней массой тела 40 кг, в 1 кг которого содержится 2000 ккал энергии.

5. На острове может прокормиться 60 антилоп со средней массой 50 кг. В 1 кг их тела содержится 1500 ккал энергии. Определите массу растений (в тоннах), поедаемых антилопами, если известно, что в 1 кг растительной пищи содержится 1000 ккал.

6. Определите среди приведенных ниже отношений, существующих в биоценозе елового леса, связи трофические, топические, форические и фабрические. Результаты занесите в таблицу 12.

1) под пологом елей создаются условия для роста кислицы;

2) медведи питаются плодами черники;

3) на коре ели поселяются лишайники и мхи;

4) клесты переносят семена ели;

- 5) сухие веточки ели используются птицами для постройки гнезд;
- 6) белки питаются семенами ели;
- 7) белки запасаются шишками ели;
- 8) медведь переносит семена череды;
- 9) медведи питаются плодами малины;
- 10) муравьи используют еловую хвою для строительства муравейника;

Таблица 12

Биоценотические связи в пределах елового леса

Трофические связи	Топические Связи	Форические связи	Фабрические связи

7. Применение такого пестицида как ДДТ в сельскохозяйственном производстве в Европе прекращено в конце 70-х годов XX в. в связи с увеличением удельной концентрации в организмах и токсическим действием. В начале 80-х годов произошло снижение численности пингвинов Адели в Антарктиде, в организмах которых был обнаружен ДДТ. Предложите гипотезу, объясняющую это явление.

8. При изучении горизонтальной пространственной структуры и видового разнообразия двух граничащих между собой биоценозов на условной границе между ними были получены следующие значения краевого индекса: 1,25; 1,38; 2,15. Какие выводы можно сделать, опираясь на эти данные? Какие характеристики еще можно использовать для описания данного явления?

9. Пользуясь правилом Линдемана (10%), подсчитайте, какая площадь соответствующего биоценоза может выкормить одну особь последнего звена в цепи питания:

- а) планктон – нехищная рыба – щука массой 10 кг;
- б) планктон – нехищная рыба – скопа массой 5 кг;
- в) планктон – нехищная рыба – орлан-белохвост массой 6 кг;
- г) растения – беспозвоночные – карп массой 3 кг.

Биологическая продуктивность планктона составляет 600 г/м^2 , донной растительности – 1000 г/м^2 в год.

10. Рассмотрите пирамиду энергии в биоценозе озера (рис. 2).

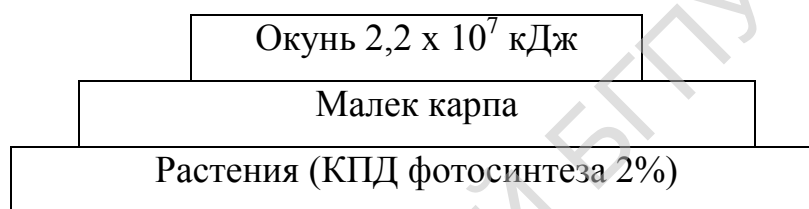


Рис. 2. Пирамида энергии в биоценозе озера

Определите биомассу продуцентов данной экосистемы (в тоннах), если известно, что 1 кг зеленой массы поглощает 5×10^6 кДж солнечной энергии (процесс трансформации энергии с одного трофического уровня на другой протекает в соответствии с правилом Линдемана).

Вспомогательный материал к теме

Биоценоз (сообщество) – система совместно живущих и взаимодействующих между собой в пределах некоего пространства популяций живых организмов (растений, животных, микроорганизмов). Термин был предложен немецким зоологом К. Мебиусом в 1877 г. Пространство с более или менее однородными условиями, заселенное тем или иным сообществом называется *биотоп*.

Концепция сообщества относится к числу наиболее важных теорий в экологической теории и практике. Она важна с теоретической точки зрения, так

как живые организмы различных видов не распределены по территории земного шара случайно, а образуют организованные системы. Разнообразие живых организмов в биоценозе, утонченность их адаптаций, разнообразное поведение в конечном итоге приводит к получению каждым организмом своей доли энергии из пищи, поток которой течет от одного члена сообщества к другому.

Концепция сообщества имеет большое значение и в экологической практике, поскольку функционирование организма зависит от сообщества, в которое этот организм входит, поэтому если человек хочет контролировать численность какого-либо вида, то часто лучше несколько модифицировать все сообщество, чем влиять на отдельно взятый вид.

В пределах биоценоза различают *фитоценоз* – устойчивое сообщество растительных организмов, *зооценоз* – совокупность взаимосвязанных видов животных, *микробоценоз* – сообщество микроорганизмов и *микоценоз* – сообщество грибов.

Каждый биоценоз характеризуется своим видовым составом и видовым разнообразием. Следует учитывать, что эти понятия не тождественны. Видовой состав и насыщенность биоценоза зависят от условий среды. На Земле существуют как резко обедненные сообщества полярных пустынь, так и богатейшие сообщества тропических лесов.

Виды, преобладающие по численности, биомассе и развитию в пределах биоценоза называют *доминантными*, а среди них выделяют *эдификаторы* – виды, которые своей жизнедеятельностью в наибольшей степени формируют среду обитания, предопределяя существование других организмов.

Растительный покров суши земного шара непрерывен, что отражает принцип Л. Г. Раменского (1924) и Г. А. Глизна (1926), или принцип континуума (*континуум* – специфическое свойство растительного покрова, проявляющееся в том, что любые два произвольно выбранные примыкающие друг к другу участка

независимо от их размера и способа определения и границы всегда имеют общие признаки):

широкое перекрытие экологических амплитуд и рассредоточенность центров распределения популяций вдоль градиента среды приводят к плавному переходу одного сообщества в другое, поэтому, как правило, не образуют строго фиксированного сообщества.

Принципу континуума Н. Ф. Реймерс противопоставил принцип биоценотической прерывности:

виды формируют экологически определенные системные совокупности – биоценозы, отличающиеся от соседних, хотя и сравнительно постепенно в них переходящие.

Границы биоценозов определить достаточно трудно, они ярче всего выражены только между внешне (физиономически) различными сообществами. Эта условная полоса получила название *эктона*.

Правило краевого (опушечного) эффекта:

на стыках биоценозов увеличивается число видов и особей в них, т.к. возрастает число экологических ниш из-за возникновения в данных условиях среды новых системных свойств.

Пространственная структура биоценоза.

1. Вертикальная структура биоценоза проявляется в его ярусности. *Ярус* – совместно произрастающие группы видов растений, различающиеся по высоте и по положению органов ассимиляции. Ярусное строение характерно для всех биоценозов, но наиболее четко его можно проследить на примере леса. Первый древесный ярус обычно формируют высокие деревья с высоко расположенной листвой, которая хорошо освещается солнцем. Ниже расположен ярус подлеска, который составляют кустарники и кустарниковые формы древесных растений. Далее следует ярус подроста, к которому относятся молодые деревья основной лесообразующей породы, которые в перспективе смогут занять в лесу

господствующее положение. Именно в этом состоит отличие яруса подроста от подлеска. Следующим является травяно-кустарничковый ярус, а затем следует ярус напочвенных мхов и лишайников. Ярусность подземных органов, как правило, представляет собой зеркальное отражение наземных ярусов.

2. Горизонтальная структура биоценоза связана с микрокомплексностью среды и представляет собой горизонтальное распределение особей видов, образующих различного рода мозаичность, пятнистость, узорчатость.

Трофическая структура биоценоза. Основными функциональными компонентами любого биоценоза являются продуценты, консументы и редуценты, или деструкторы.

Продуценты – организмы (главным образом, автотрофы – зеленые растения), производящие органические вещества из неорганических соединений.

Консументы – организмы, питающиеся готовыми органическими веществами (все животные, почти все микроорганизмы, насекомоядные растения).

Редуценты (деструкторы) – организмы (большой частью грибы и микроорганизмы), питающиеся мертвым органическим веществом и разрушающие его до простых неорганических соединений (CO_2 , H_2O и др.), которые затем используются продуцентами.

Трофическая (пищевая) цепь – ряд видов, каждое предыдущее звено в котором служит пищей для последующего. Она представляет собой путь движущегося через живые организмы однонаправленного потока поглощенной при фотосинтезе солнечной радиации. В конечном итоге энергия Солнца возвращается в природную среду в виде низкоэффективной тепловой энергии. Каждое звено пищевой цепи называется *трофическим уровнем*. Совокупность всех пищевых цепей в пределах биоценоза называется *трофической (пищевой) сетью*.

Существуют 2 типа пищевых цепей:

1) пастбищные (цепи выедания, цепи поедания). В них первый трофический уровень занимают зеленые растения, второй – травоядные животные, последующие – хищники;

2) детритные (цепи разложения) – начинается всегда с детрита – органических остатков.

Графическими моделями пищевых цепей являются *экологические пирамиды*, предложенные Ч. Элтоном в 1927 г. Существует 3 типа экологических пирамид:

1) пирамида чисел (численностей);

2) пирамида биомасс;

3) пирамида энергии.

В 1942 г. Р. Линдеманом было сформулировано правило 10% (закон пирамиды энергий):

с одного уровня экологической пирамиды переходит на другой, более высокий ее уровень, в среднем около 10% энергии, поступившей на предыдущий уровень экологической пирамиды.

Тема 6. Экосистемы и биогеоценозы

Вопросы

1. Понятие экосистемы. Круговорот веществ и поток энергии в экосистемах. Биологическая продуктивность экосистем.
2. Изменения в экосистемах:
 - 1) флуктуация;
 - 2) экологическая сукцессия;
 - 3) экологическая эволюция.
3. Биогеоценоз. Основные понятия биогеоценологии по В.Н. Сукачеву.
4. Агроэкосистемы (агроценозы), их особенности.

Основные термины и понятия: экосистема, биологическая продуктивность, биотический круговорот, флуктуация, экологическая сукцессия, биогеоценоз, агроэкосистема (агроценоз).

Литература

1. Андерсон Д. М. Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы, человек: пер. с англ. Л., 1985.
2. Бигон М. [и др.]. Экология. Особи, популяції и сообщества. В 3 т. М., 1989.
3. Валова (Копылова) В. Д. Основы экологии. М., 2002.
4. Горелов А. А. Экология. М., 2001.
5. Маврищев В. В. Основы экологии. Минск, 2005.
6. Николайкин Н. И. [и др.]. Экология. М., 2003.
7. Одум Ю. Экология. В 2 т.: пер. с англ. М., 1986.
8. Радкевич В. А. Экология. Минск, 1997.
9. Реймерс Н. Ф. Экология (теория, законы, правила, принципы и гипотезы). М., 1994.

10. Риклефс Р. Основы общей экологии. М., 1989.
11. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы: Пер. с англ. М., 1980.
13. Чернова Н. М., Былова А. М. Экология. М., 1988.
14. Чистик О. В. Экология. Минск, 2001.

Задания

1. Рассчитайте первичную продукцию агроэкосистемы с 1 м² посева. Полученные результаты занесите в таблицу 13. Проведите ранжировку культур по максимальной продуктивности агроэкосистемы. Сделайте соответствующие выводы.

Таблица 13

Первичная продукция агроэкосистемы с 1 м² посева

№ п/п	Культуры	Количество энергии, поглощаемой с 1 м ² посева за 1 день, кДж	Количество пер- вичной продукции с 1 м ² посева за вегетационный период, кДж	Ранг культуры по максимальной продуктивности агроэкосистемы
1.	Пшеница яровая			
2.	Ячмень			
3.	Горох			
4.	Кукуруза			
5.	Картофель			
6.	Свекла сахарная			

Пояснения к выполнению задания. При расчете первичной продукции агроэкосистемы сначала необходимо определить количество энергии, поглощаемой с 1 м² посева сельскохозяйственной культуры по формуле:

$$Q = R \cdot F/100,$$

где Q – количество энергии, поглощенной с 1 м² посева, кДж; R – суммарная радиация, (кДж/м²) · день; F – эффективность фотосинтеза.

После этого первичная продукция агроэкосистемы определяется по формуле:

$$V = Q \cdot T,$$

где V – первичная продукция агроэкосистемы, кДж/м²; Q – количество энергии, поглощаемой с 1 м² посева, кДж; T – продолжительность вегетационного периода, дней.

Необходимые для проведения расчетов данные находятся в таблице 14.

Таблица 14

Суммарная радиация, эффективность фотосинтеза и вегетационный период сельскохозяйственных культур

№ п/п	Культуры	Суммарная радиация, (кДж/м ²) · день	Эффективность фотосинтеза, %	Вегетационный период, Дней
1.	Пшеница яровая	18000	3,7	90
2.	Ячмень	18000	4,0	80
3.	Горох	18000	4,2	70
4.	Кукуруза	28500	6,7	115
5.	Картофель	16700	5,4	90
6.	Свекла сахарная	16700	9,5	160

2. Объясните следующее высказывание: «Чем выше уровень организации и зрелости экосистемы и чем стабильнее условия, тем меньше амплитуда флуктуаций плотности со временем» (Ю. Одум).

3. Определите, какие характеристики соответствуют начальной стадии сукцессии, а какие – климаксовой:

- а) низкое видовое разнообразие;
- б) высокая биологическая продуктивность;
- в) простые пищевые цепи;
- г) низкое генетическое разнообразие;
- д) слабо выражена ярусность;
- е) сложные пищевые сети;
- ж) высокое генетическое разнообразие;
- з) сменяется следующей стадией развития;
- и) не ограничено время существования.

4. Укажите правильную последовательность протекания сукцессии:

1) на месте заброшенного поля:

- а) березовый лес;
- б) заброшенное поле;
- в) березово-еловый лес;
- г) травы;
- д) ельник;
- е) кустарники.

2) после лесного пожара:

- а) пожарище;
- б) березово-осиновый лес;
- в) низкорослые травы;

- г) высокие травы;
- д) еловый лес;
- е) смешанный лес.

5. Дикие олени карибу на Аляске в естественных условиях сами переходят на пастбище, поэтому эскимосы не имеют навыков пастьбы. При переселении на Аляску северного оленя из Лапландии удачной адаптации не произошло. Каковы экологические последствия этой интродукции? Составьте схему трофической цепи на Аляске и на ее примере объясните возможный экологический механизм последствий. Какой тип сукцессии иллюстрирует данный пример?

6. Предложите возможные варианты продолжения сукцессионных рядов, тип которых указан на схеме (рис. 3). Что произойдет, если ход аутогенной сукцессии будет прерван на одной из начальных стадий по причине антропогенного вмешательства? Объясните изменения, которые вы можете внести в схему в этом случае.

Климаксовая экосистема	→	антропогенная	→	?	→	?	→	?
(сосна обыкновенная,	→	аутогенная	→	?	→	?	→	?
осина, ольха)	→	зоогенная	→	?	→	?	→	?

Рис. 3. Схема начальных стадий различных типов сукцессий

7. В экосистеме солоноватого озера в конце июня – начале июля наблюдается массовое размножение («цветение») сине-зеленых водорослей. Предложите гипотезу, объясняющую время наступления данного явления с использованием характеристик абиотических и биотических условий, особенностей популяционной динамики. Предложите схему, отражающую влияние «цветения» водоема на биологические компоненты экосистемы.

8. Предложите схему вторичной пирогенной сукцессии на месте экосистемы березового леса. Как будут меняться вертикальная структура биоценоза в пределах экосистемы на протяжении сукцессионного ряда?

9. Составьте схему вторичной аутогенной сукцессии любой выбранной вами экосистемы. Объясните механизм на приведенном вами примере.

Вспомогательный материал к теме

Экосистема – основная функциональная единица в экологии, т.к. в нее входят организмы и неживая среда – компоненты, взаимовлияющие на свойства друг друга и необходимые условия для поддержания жизни в той ее форме, которая существует на земле.

Термин «экосистема» был предложен А. Тенсли в 1935 г.

Экологическая система (экосистема) – это любая совокупность взаимодействующих популяций и условий среды (например, муравейник, опушка леса, озеро, океан, весь земной шар).

Любая экосистема характеризуется определенной биомассой. *Биомасса* – общая масса всего органического вещества, имеющегося в данный момент в экосистеме. Биомасса, накопленная за определенный промежуток времени, называется *биологической продуктивностью*. Продуктивность экосистемы разделяют на первичную и вторичную. *Первичная продуктивность* (первичная продукция) – это скорость накопления органического вещества автотрофными организмами. Первичная продуктивность в свою очередь подразделяется на валовую и чистую. *Валовая первичная продукция* – это общая масса органического вещества, синтезированного продуцентами за определенный период времени. Часть синтезированного органического вещества продуценты используют для поддержания своей жизнедеятельности, т.е. расходуют в процессе дыхания. Если из валовой первичной продукции вычесть органическое вещество,

израсходованное на дыхание продуцентов, то получается *чистая первичная продукция*. Она доступна гетеротрофам (консументам и редуцентам), которые, поедая органическое вещество, синтезированное автотрофами, создают *вторичную продукцию*.

Чистая продуктивность экосистемы подразумевает скорость накопления органического вещества, т.е. если из чистой первичной продукции вычесть затраты на дыхание гетеротрофов, мы получим продуктивность экосистемы.

Главный принцип функционирования всех природных экосистем – получение ресурсов и избавление от отходов в рамках круговорота всех элементов. Круговорот биогенных элементов, обусловленный синтезом и распадом органических веществ в экосистеме, называется *биотическим круговоротом*. Кроме биогенных элементов в биотический круговорот вовлечены важнейшие для биоты минеральные элементы и множество различных соединений. Поэтому весь циклический процесс химических превращений, обусловленных биотой, называют еще *биогеохимическим круговоротом*. Важнейшую роль играют биогеохимических круговороты углерода, кислорода, азота, фосфора, серы. Эти круговороты наиболее целесообразно изучать самостоятельно по учебникам и учебным пособиям, используя в качестве дидактического материала схему их протекания, предложенные на рисунках.

Изменения экосистем

1. *Флуктуация* – сравнительно краткосрочное, ненаправленное, различно ориентированное или циклическое изменение растительного сообщества, завершающееся возвратом к состоянию, близкому к исходному.

2. *Экологическая сукцессия (сукцессионное замещение)* – развитие, при котором в пределах одной и той же территории (биотопа) происходит последовательная смена одного биоценоза другим в направлении повышения устойчивости экосистемы. Сукцессии делятся на:

1) аллогенные – сукцессии, причиной возникновения которых являются внешние факторы (природные и антропогенные), изменяющие условия среды;

2) автогенные сукцессии, происходящие в результате изменения условий среды самими сообществами в отсутствие постепенного изменения абиотических факторов. Они могут быть первичными и вторичными.

Первичные сукцессии начинаются на субстрате не измененном деятельностью живых организмов (скалы, песчаные дюны и т.п.). При заселении такого субстрата происходят необратимые изменения местообитания, что обуславливает смену биоценозов. Пионерами жизни считаются лишайники. Постепенно накопление органических остатков растительного происхождения приводит к формированию почвенного покрова. Образование почвы может происходить в результате разрушения поверхности горной породы под действием кислот, выделяемых лишайниками, замерзания и оттаивания воды, деятельности ветра и др. Отмирающие лишайники в образующуюся почву вносят органическое вещество, а мхи могут закрепиться даже на очень тонком слое остатков лишайников и минеральной пыли. По мере отмирания мхов они обогащают почву органическими остатками, в результате чего становится возможным прорастание и рост мелких укореняющихся однолетних травянистых растений, затем многолетних трав, кустарников и деревьев. Так постепенно происходит нарастание видового многообразия сообщества.

Вторичные сукцессии развиваются на субстрате, первоначально измененном деятельностью комплекса живых организмов, существовавших на данном месте ранее (до пожара, наводнения, вырубки и т.п.). В таких местах обычно почва не уничтожена, т.е. сохраняются богатые жизненные ресурсы и сукцессии чаще всего бывают восстановительными. Здесь в почве могут сохраняться семена, споры и органы вегетативного размножения, например, корневища, которые будут влиять на сукцессию. В зависимости от обстоятельств,

предшествовавших началу сукцессионного процесса, вторичные сукцессии подразделяются на:

- антропогенные, вызванные хозяйственной деятельностью человека (выпас скота, вырубка леса, распашка земель, затопление почв, опустынивание и др.);
- катастрофические, связанные с какими-либо катастрофическими для экосистемы природными факторами (ураган, уничтожение болезнями, землетрясение, извержение вулкана);
- пирогенные, вызванные пожаром независимо от его причин;
- зоогенные и фитогенные, вызванные необычно сильным воздействием животных или растительности в результате их массового размножения.

Сукцессия завершается стадией, когда все виды экосистемы сохраняют относительно постоянную численность и в дальнейшем смены ее состава не происходит. Такое равновесное состояние называется *климаксом*, а экосистема – *климаксовой*.

Закономерности протекания процессов при сукцессии:

- 1) на начальных стадиях видовое разнообразие незначительно, продуктивность и биомасса малы. По мере развития сукцессии эти показатели возрастают;
- 2) с развитием сукцессии увеличиваются взаимосвязи между организмами, полнее осваивается среда обитания, усложняются цепи и сети питания;
- 3) уменьшается количество свободных экологических ниш, а в климаксовых экосистемах они либо отсутствуют, либо находятся в минимальном количестве;
- 4) интенсифицируются процессы круговорота веществ, потока энергии;
- 5) в зрелой стадии климаксовой экосистемы биомасса достигает максимума или близка к максимуму вследствие полного освоения пространства.

3. *Эволюция* – изменения, аналогичные сукцессии, большей частью необратимые, с формированием новых типов сообществ за счет видообразования или занесения новых для данных условий видов.

Биогеоценоз (от греч. жизнь + земля + общий) – совокупность однородных природных элементов (атмосферы, горной породы, растительности, животного мира и мира микроорганизмов, почвы и гидрологических условий) на определенном участке земной поверхности. Термин был введен в 40-х гг. XX в. В. Н. Сукачевым. Схема строения биогеоценоза показана на рис. 4.

Следует отметить, что термины «экосистема» и «биогеоценоз» не являются синонимами. Экосистема – это любая совокупность организмов и среды их обитания (муравейник, болото, лес, океан, космический корабль). У экосистемы отсутствует ряд признаков, присущих биогеоценозу, в первую очередь – земли (почвы). Границы биогеоценоза устанавливаются по границам фитоценоза. Т.о., понятие «экосистема» шире, т.е. биогеоценоз – частный случай экосистемы.

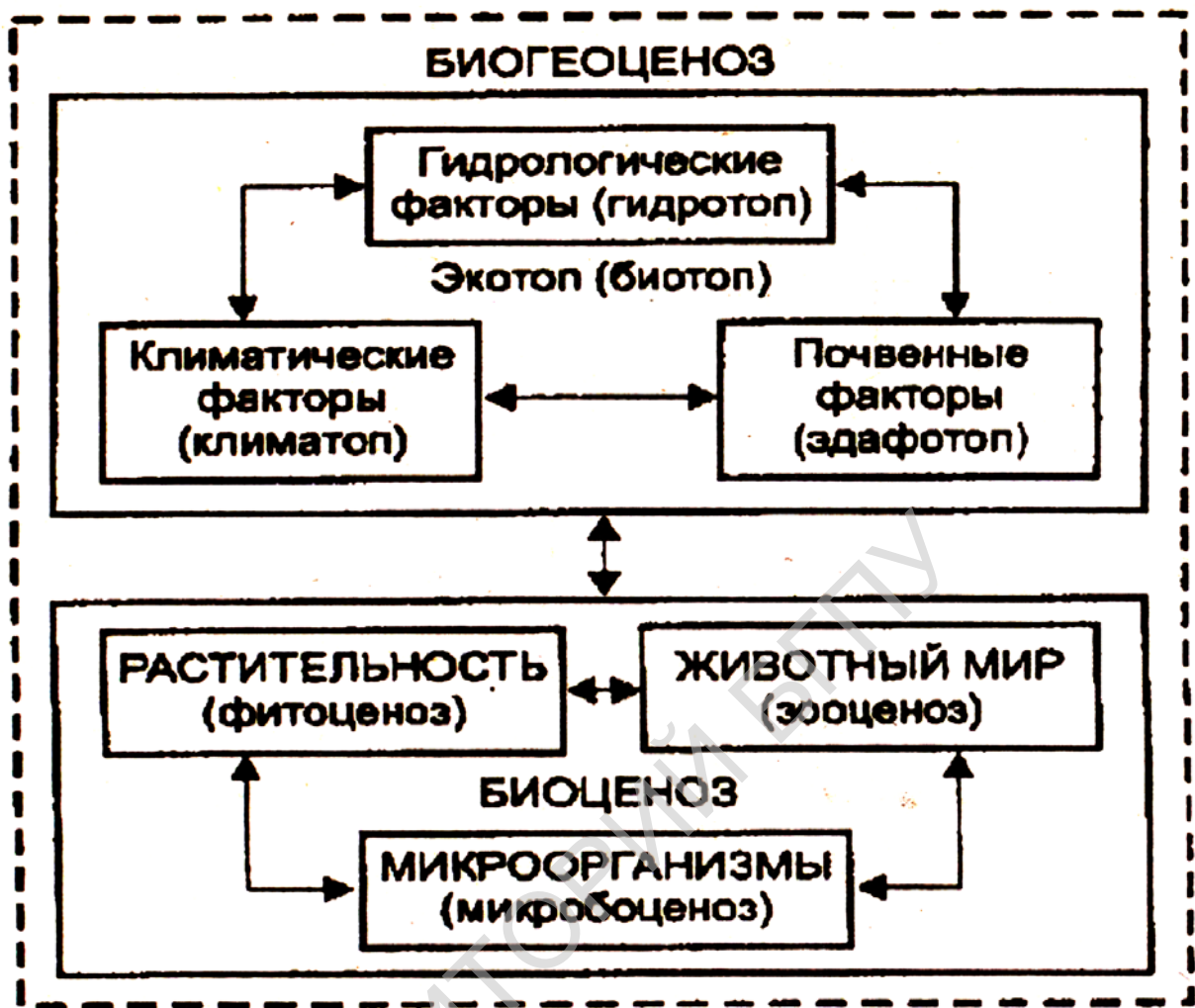


Рис. 4. Схема строения биогеоценоза

Агроэкосистема (агроценоз, агробιοценоз, сельскохозяйственная экосистема) – экосистема, созданная и поддерживаемая человеком с целью получения сельскохозяйственной продукции. Основные отличия от природных экосистем:

- 1) резко снижено видовое разнообразие живых организмов;
- 2) виды сельскохозяйственных растений и животных получены путем искусственного отбора;
- 3) получение дополнительной энергии для нормального функционирования;

4) более открытые системы, чем естественные, т.к. из них вместе с урожаем, продукцией животноводства, а также в результате разрушения почвы, изымаются вещество и энергия.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Тема 7. Биосфера

Вопросы

1. Биосфера – высший уровень организации живых систем. Учение В. И. Вернадского о биосфере:

- 1) состав и строение биосферы;
- 2) границы биосферы;
- 3) живое вещество планеты, его характеристики.

2. Эволюция биосферы.

3. Исторические изменения в биосфере:

- 1) техносфера;
- 2) ноосфера.

Основные термины и понятия: биосфера, живое вещество, косное вещество, биокосное вещество, биогенное вещество, техносфера, ноосфера, экологический кризис.

Литература

1. Андерсон Д. М. Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы и человек: пер. с англ. Л., 1985.
2. Валова (Копылова) В. Д. Основы экологии. М., 2002.
3. Вернадский В. И. Биосфера. М., 1967.
4. Вернадский В. И. Живое вещество. М., 1978.
5. Войткевич Г. В., Вронский В. А. Основы учения о биосфере. М., 1989.
6. Гиренок Ф. И. Экология, цивилизация, ноосфера. М., 1987.
7. Горелов А. А. Экология. М., 2001.
8. Кузнецов М. А. Вернадский о ноосфере. М., 1989.
9. Маврищев В. В. Основы экологии. Минск, 2005.

10. Маврищев В. В., Сачек Г. С. Экология. Минск, 2004.
11. Николайкин Н. И. [и др.]. Экология. М., 2003.
12. Радкевич В. А. Экология. Минск, 1997.
13. Сытник К. М. [и др.]. Биосфера. Экология. Охрана природы. Киев, 1987.
14. Чернова Н. М., Былова А. М. Экология. М., 1988.

Задания

1. Прокомментируйте следующее высказывание: «Земная оболочка биосферы, обнимающая весь земной шар, имеет резко обособленные размеры; в значительной мере она обуславливается существованием в ней живого вещества – им заселена. Между ее косной безжизненной частью, ее косными природными телами и живыми веществами, ее населяющими, идет непрерывный материальный и энергетический обмен, материально выражающийся в движении атомов, вызванном живым веществом. Этот обмен в ходе времени выражается закономерно меняющимся, непрерывно стремящимся к устойчивости равновесием. Оно пронизывает всю биосферу, и этот биогенный ток атомов в значительной степени ее создает. Так неотделимо и неразрывно биосфера на всем протяжении геологического времени связана с живым заселяющим ее веществом. В этом биогенном токе атомов и связанной с ним энергии проявляется резко планетное, космическое значение живого вещества. Ибо биосфера является той единственной земной оболочкой, в которую непрерывно проникают космическая энергия, космические излучения и прежде всего лучеиспускание Солнца, поддерживающее динамическое равновесие, организованность: биосфера ↔ живое вещество» (В. И. Вернадский).

2. Исходя из законов экологии и того факта, что на Земле ежедневно погибает как минимум один вид, определите время гибели биосферы.

Вспомогательный материал к теме

При изучении данной темы необходимо запомнить, что биосфера является глобальной экосистемой. Учение о биосфере было разработано В. И. Вернадским. *Биосфера* – оболочка Земли, состав, структура и энергетика которой определяется совокупной деятельностью живых организмов. Биосфера охватывает нижнюю часть атмосферы, до высоты, ограниченной озоновым экраном (около 20 км), всю гидросферу, до максимальных глубин впадин Мирового океана (более 11 км), верхнюю часть литосферы до глубины около 4 км, где температура превышает 100°C. В состав биосферы входят живое вещество, косное вещество, биокосное вещество, биогенное вещество, вещество в радиоактивном распаде и др. Центральным среди всех типов веществ в биосфере является живое вещество, которое характеризуется следующими свойствами:

- стремление заполнить собой все окружающее пространство;
- возможность произвольного перемещения в пространстве;
- наличие специфических химических соединений, устойчивых при жизни и быстро разлагающихся после смерти;
- исключительное разнообразие форм, размеров, составов, а также высокая способность адаптироваться к условиям существования;
- феноменально высокая скорость протекания реакций;
- высокая скорость обновления.

Деятельность живого вещества в биосфере в определенной степени условно можно свести к нескольким основополагающим функциям. В. И. Вернадский выделял 9 функций: газовую, кислородную, окислительную, восстановительную, концентрационную и др. Позже классификация была несколько видоизменена. Наиболее современной является классификация А. В. Лапо, по которой выделяют следующие функции: энергетическую, газовую, окислительно-восстановительную, концентрационную, деструктивную, транспортную, средообразующую, рассеивающую.

Эволюция органического мира, осуществлявшаяся на основании биологических закономерностей жизнедеятельности и развития, происходила в два этапа: возникновение первичной биосферы с биотическим круговоротом (химическая эволюция) примерно 4,6-3,5 млрд лет тому назад и усложнение биоценоза как результат появления многоклеточных организмов (органическая эволюция), начиная примерно с 3,5 млрд лет тому назад. Возникновение на Земле человеческого общества способствовало выделению третьего этапа эволюции биосферы.

В 1927 г. Э. Леруа предложил понятие ноосферы. Э. Леруа и его последователи понимали под ноосферой «мыслящий пласт», зародившийся в конце неогена (около 1 млн лет назад). В. И. Вернадский развил понятие «ноосферы» как сферы разума – высшей стадии развития биосферы, связанной с возникновением и становлением в ней цивилизованного человека, с периодом, когда разумная человеческая деятельность становится главным, определяющим фактором развития на Земле. Таким образом, в современном понимании *ноосфера* – это гипотетическая стадия развития биосферы, когда в будущем разумная деятельность людей станет главным определяющим фактором ее устойчивого развития. Часть биосферы, коренным образом преобразованная человеком в инженерно-технические сооружения называется *техносферой*.

Тема 8. Ресурсы биосферы. Экологический кризис. Глобальные экологические проблемы

Вопросы

1. Природные ресурсы и их классификация.
2. Современный экологический кризис. Глобальные экологические проблемы.
3. Рост численности населения планеты как одна из глобальных экологических проблем.
4. Ресурсы атмосферы. Изменение и загрязнение атмосферы в результате деятельности человека:
 - 1) парниковый эффект и глобальное изменение климата Земли;
 - 2) кислотные осадки;
 - 3) разрушение озонового слоя.
5. Водные ресурсы. Источники и масштабы загрязнения вод Мирового океана и поверхностных вод суши.
6. Почвенные ресурсы. Виды деградации почвенного покрова.

Основные термины и понятия: природные ресурсы, экологический кризис, глобальные экологические проблемы, парниковый эффект, кислотные осадки, эрозия почв, демографический взрыв.

Литература

1. Андерсон Д. М. Экология и науки об окружающей среде: биосфера, экосистемы и человек: пер. с англ. Л., 1985.
2. Валова (Копылова) В. Д. Основы экологии. М., 2002.
3. Войткевич Г. В., Вронский В. А. Основы учения о биосфере. М., 1989.
4. Гиренок Ф. И. Экология, цивилизация, ноосфера. М., 1987.

5. Маврищев В. В. Основы общей экологии. Минск, 2000.
6. Маврищев В. В. Основы экологии. Минск, 2005.
7. Николайкин Н. И. [и др.]. Экология. М., 2003.
8. Новиков Ю. В. Экология, окружающая среда и человек. М., 2000.
9. Основы экологии / В. К. Карпук [и др.]; под ред. Е. Н. Мешечко. Минск, 2002.
10. Петров К. М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы. СПб., 1998.
11. Сытник К. М. [и др.]. Биосфера. Экология. Охрана природы. Киев, 1987.
12. Чистик О. В. Экология. Минск, 2001.

Задания

1. Прокомментируйте следующее высказывание: «Биологическое разнообразие можно сравнить с деревянным домом, в котором мы живем... Мы отламываем в одном месте доску, в другом отпиливаем брус и бросаем их в печь, чтобы согреться. Так как дом сравнительно большой, то какое-то время наши действия не вызывают значительных перемен. Но постепенно в стенах нашего дома появляются щели, куда проникает холод. Чем больше мы топим печь, тем труднее сохранять тепло. Все время требуется топливо, а в доме становится все прохладнее. Очень плохо, что мы слабо представляем себе, как устроен наш дом, и ломаем там, где делать это крайне опасно. Может получиться так, что в один далеко не прекрасный день, сломав несущие элементы здания, мы обрушим все сооружение себе на голову» (А. Е. Чижевский).

2. Прокомментируйте следующее высказывание: «Большие города до сих пор лишь паразиты биосферы, если рассматривать их с точки зрения того, что удачно названо «жизненными ресурсами» (вода, воздух, пища). Чем больше

город, тем больше он требует от окружающей местности и тем больше опасность нанесения вреда «хозяину» - природной среде (Ю. Одум).

3. По данным таблицы 15 «Рост численности населения мира» постройте график и проанализируйте его. Составьте прогноз на будущее.

Таблица 15

Рост численности населения мира

Годы	Численность населения, чел.
10 тыс. лет назад	5 млн.
1000 лет назад	350 млн.
500 лет назад	450 млн.
1800	1 млрд.
1900	1,65 млрд.
1939	2 млрд.
1960	3 млрд.
1975	4 млрд.
1987	5 млрд.
1999	6 млрд.

4. Раскройте комплексный характер демографической проблемы. С этой целью постройте логическую схему-цепочку. При построении рекомендуется использовать следующие термины и понятия: демографический кризис, демографический взрыв, экономическая отсталость, развитие медицины, достижения агротехники, снижение производительности труда, проблема обеспечения жильем, продовольственная проблема, проблема голода, острый недостаток сырьевых ресурсов и др.

5. Установите логические связи для обоснования тезиса: «На продовольственную проблему все большее влияние оказывают экологические проблемы». При установлении связей рекомендуется использование следующих терминов и понятий: снижение продуктивности Земли, концентрация промышленности, низкая продуктивность скота, рост городов, экстенсивный путь развития хозяйства, снижение биологической продуктивности Мирового океана, разрушение озонового экрана, кислотные осадки, радиоактивные выбросы и отходы, сокращение пахотных земель и др.

6. Раскройте комплексный характер энергетической и сырьевой проблем. При этом возможно использование следующих терминов и понятий: истощение топливных и энергетических ресурсов, высокий уровень потребления энергии, рост потребления нефти, быстрый рост народонаселения, ресурсосберегающая деятельность, развитие атомной энергетики, использование альтернативных экологически чистых источников получения энергии.

Вспомогательный материал к теме

Источниками существования живого в биосфере, или ее ресурсами, являются кислород, вода, почва, минералы, растительность, животный мир и др. Часть ресурсов биосферы, которые на данном уровне развития производительных сил и изученности могут использоваться для удовлетворения потребностей человеческого общества, называется *природными ресурсами*. Существует ряд классификаций природных ресурсов. Наиболее распространенными из них являются следующие классификации:

- по происхождению, в которой выделяют минеральные, климатические, водные, почвенные, биологические и др. виды ресурсов;

- по видам хозяйственного использования, согласно которой природные ресурсы подразделяют на ресурсы промышленного и сельскохозяйственного производства;
- по степени исчерпаемости, согласно которой все ресурсы подразделяют на исчерпаемые и неисчерпаемые.

В связи с экспоненциальным ростом численности человечества, развитием техники и все большим стремлением к повышению уровня потребления у среднего жителя Земли к концу XX – началу XXI в. возникли предпосылки экологического кризиса, т.е. перехода биосферы к неустойчивому состоянию.

Характер и масштабы влияния человека на окружающую среду определяются его двойственным положением в биосфере. Человек является биологическим объектом, входящим в общую систему круговоротов, и связан со средой сложной системой взаимодействий, как и всякий другой биологический объект. В то же время человеческое общество как высокоразвитая социальная система предъявляет к среде широкий круг небиологических требований, вызванных техническими, бытовыми, культурными потребностями. Поэтому масштабы использования естественных ресурсов человечеством существенно превышают биологические потребности. Неизбежно возникает ситуация переэксплуатации природных ресурсов, прежде всего биологических. Поскольку социально-технические потребности человека связаны с отчуждением из окружающей среды веществ, которые не входят в биологический круговорот, не возвращаются в исходное состояние и не возобновляются, возникает проблема невозобновимых природных ресурсов. В свою очередь, многие продукты технологической переработки биогенных и абиогенных веществ так же не включаются в круговорот. Не имея специфических биологических деструкторов, они не разлагаются, и накапливаются как загрязнители биосферы. Возникает проблема загрязнения биосферы как прямое следствие современных форм хозяйствования. Токсичность многих продуктов, выводимых в окружающую

среду, нарушает структуру и функции естественных экологических систем, то есть в конечном счете нарушаются биологические условия жизни человека.

Таким образом, в результате развития человечества как социальной системы, которая функционирует намного шире, чем биологическая, нарушая сбалансированный в процессе эволюции биологический круговорот, создается кризисная обстановка, влекущая за собой ухудшение качества окружающей среды. Существуют различные определения понятия «экологический кризис». Наиболее распространенными и, по мнению автора, полными из них являются следующие:

а) **экологический кризис** – напряженное состояние взаимоотношений между обществом и природой, возникшее в результате интенсивной неконтролируемой человеческой деятельности, характеризующееся глобальным загрязнением биосферы, вырубкой лесов, уничтожением видов растений и животных и т. п.;

б) **экологический кризис** – ситуация, возникшая в природных экосистемах в результате нарушения их равновесного состояния под воздействием антропогенных факторов (загрязнение окружающей среды, вырубка лесов, зарегулирование рек и т. п.), что в конечном итоге выражается в снижении биоразнообразия, продуктивности и возникающем опустынивании.

Кроме того, следует помнить и понимать, что само понятие «экологический кризис» коренным образом отличается от понятия «экологическое (природное) бедствие» (например, землетрясение, наводнение, цунами, извержение вулкана и т. п.), так как они имеют разные причины возникновения, хотя последствия экологических бедствий могут быть такими же, а иногда и более тяжелыми, чем последствия экологического кризиса.

Существующие на сегодняшний день экологические проблемы являются глобальными, т.к. затрагивают интересы всего человечества. Основными из них являются следующие:

➤ парниковый эффект и связанное с ним глобальное изменение климата;

- разрушение озонового слоя, что приводит к снижению защитных свойств атмосферы и поступлению к поверхности Земли губительной для живых организмов коротковолновой ультрафиолетовой радиации;
- химическое загрязнение атмосферы и выпадение кислотных осадков;
- загрязнение вод Мирового океана;
- загрязнение поверхностных вод суши;
- дефицит пресной питьевой воды;
- уменьшение площадей, занятых лесной растительностью;
- накопление бытового и промышленного мусора;
- исчезновение видов дикой флоры и фауны, уменьшение биологического разнообразия;
- деградация почвенного покрова;
- рост пустынь и опустынивание и др.

Далее рассматриваются основные виды природных ресурсов и экологические проблемы, которые возникли в результате их антропогенного использования.

Ресурсы атмосферы. Атмосфера – газовая (воздушная) оболочка Земли. Атмосфера обеспечивает все живые организмы Земли жизненно необходимыми газами (O_2 , CO_2), защищает все живые организмы от губительных ультрафиолетовых, рентгеновских и космических лучей, регулирует тепловой режим Земли и др.

Состав атмосферы находится в состоянии динамического равновесия, поддерживаемого деятельностью живых организмов. В таблице 16 представлены данные о среднем составе сухого воздуха. Кроме указанных в таблице компонентов воздух обычно содержит следы (одна миллионная доля и менее) водорода, перекиси азота, озона, сернистого ангидрида, окиси углерода, аммиака и т. д.

Состав сухого воздуха

Составляющая	Объемное содержание, %
Азот	78,09
Кислород	20,95
Аргон	0,93
Углекислый газ	0,03
Неон	$1,8 \times 10^{-3}$
Гелий	$5,24 \times 10^{-4}$
Криптон	$1,0 \times 10^{-4}$
Ксенон	$8,0 \times 10^{-6}$

В настоящее время на состав и функционирование атмосферы большое влияние оказывают антропогенные факторы, причем как в самых нижних, так и в высотных ее частях. Техногенный выброс различных веществ в атмосферу является наиболее очевидным из нарушений равновесия в окружающей среде, производимых человеком. Загрязнение атмосферы нельзя связать с каким-то одним видом индустриальной деятельности. Источники загрязняющих веществ весьма разнообразны. К ним относятся использование ископаемого топлива для выработки энергии, выбросы побочных продуктов в химической промышленности, выбросы пыли при некоторых металлургических процессах, в цементной промышленности и при многих других видах индустриальной деятельности и т. д. К тому же происходит загрязнение атмосферы радиоактивными частицами (испытание термоядерного оружия), радиоактивными газами (выбросы атомных электростанций).

Атмосферный воздух загрязняется путем поступления в него или образования в нем загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих нормативы качества или уровня естественного содержания. В таблице 17 приведены основные источники загрязнения атмосферы.

Источники искусственного загрязнения атмосферы

Загрязнители	Источники загрязнения
Углекислый газ	Сжигание ископаемого топлива
Углеводороды	Двигатели внутреннего сгорания
Органические соединения	Химическая промышленность Сжигание отходов Разнообразное топливо
Сернистый газ и другие производные серы	Сжигание ископаемого топлива Химическая промышленность
Производные азота	Химическая промышленность Растениеводство (рисоводство) Мусорные свалки
Радиоактивные вещества	Атомные электростанции Ядерные взрывы
Тяжелые металлы	Все отрасли тяжелой промышленности Сжигание топлива

Загрязнение атмосферы привело к следующим тяжелым экологическим последствиям:

1. *Парниковый эффект* – повышение температуры атмосферы из-за увеличения содержания в ней CO_2 и некоторых других газов, приводящее к чрезмерному поглощению приземным слоем воздуха теплового излучения. В результате этого возросла частота и интенсивность экстремальных климатических явлений: необычный диапазон колебаний температур, увеличение частоты и силы всех видов штормов, внесезонные осадки и др. В результате изменения (потепления) климата постепенно изменяется циркуляция атмосферы

(уменьшится), что повлияет на распределения осадков и, следовательно, на все живое на планете;

Суть проблемы парникового эффекта в атмосфере заключается в нарушении теплового баланса атмосферы в результате увеличения содержания в воздухе так называемых парниковых газов – газов, молекулы которых интенсивно поглощают тепловое излучение, исходящее от поверхности Земли, нагреваемой солнечными лучами. Важнейшими парниковыми газами являются диоксид углерода (углекислый газ), метан, хлорфторуглероды (фреоны), оксид азота (I). Вклад этих веществ в увеличение средней глобальной температуры атмосферы оценивается следующими цифрами: CO_2 – 49, CH_4 – 18, ХФУ – 14, N_2O – 6, другие газы – 13%.

«Высокий вклад» углекислого газа в создание парникового эффекта в атмосфере связан со значительным увеличением содержания этого вещества в воздухе в результате сжигания в больших объемах ископаемого топлива с одной стороны и массовым сведением лесов на планете (в основном тропических) и уменьшением продуктивности фитопланктона в океане (например, вследствие раскрытия «озоновых дыр»), что приводит к уменьшению связывания CO_2 в процессе фотосинтеза с другой.

Другие парниковые газы поступают в атмосферу в меньших количествах, но влияют на температуру атмосферы ненамного меньше, т.к. поглощают инфракрасное излучение в 50-100 раз сильнее, чем CO_2 . Достаточно высокий вклад в парниковый эффект вносит метан. К его антропогенным источникам относят рисовые поля – источники биологического поступления метана, а также достаточно высокие потери природного газа при добыче, транспортировке по трубопроводам, распределении в населенных пунктах, при использовании на станциях теплоснабжения и электростанциях.

Гипотеза увеличения глобальной температуры на Земле в результате парникового эффекта, создаваемого преимущественно углекислым газом, была

выдвинута в 1962 г. российским климатологом Н.И. Будыко, а к концу 60-х гг. XX в. были получены данные, подтверждающие эту гипотезу. Согласно расчетам, при сохранении современного темпа роста к середине XXI в. глобальная температура приземного слоя может повыситься на 1,5-4,5°C, при этом более значительное потепление ожидается в высоких широтах. Климатические последствия парникового эффекта могут быть весьма значительны. Таяние льдов и, как следствие, повышение уровня Мирового океана на величину до 20 см влечет за собой затопление части суши; таяние верхнего слоя вечной мерзлоты – нарушение устойчивости фундаментов и разрушение коммуникаций; перераспределение осадков вследствие неравномерного потепления – изменение режима речного стока, отрицательные последствия для сельского хозяйства, нарушение режима работы ГЭС и т. д. Таким образом, проблема парникового эффекта чревата серьезными климатическими последствиями, влияющими на разрушение хозяйственной инфраструктуры.

Обеспокоенность мирового сообщества данной проблемой привела к разработке и принятию в 1992 г. в Рио-де-Жанейро Международной Рамочной Конвенции ООН по изменению климата. В декабре 1997 г. в Киото (Япония) на Конференции сторон этой конвенции был подписан протокол к Конвенции, установивший для промышленно развитых государств-участников четкие лимиты (количественные обязательства) по сокращению выбросов CO₂ относительно базового 1990 г.

Цель соглашения в Киото – добиться совокупного сокращения к 2008-2012 гг. соответствующих выбросов по крайней мере на 5%, для чего члены Европейского Союза должны в оговоренные сроки снизить выбросы на своей территории на 8%, США – на 7%, Япония – на 6% в год.

Однако следует отметить и тот факт, что кроме рассмотренной выше техногенной версии возникновения парникового эффекта существуют и другие версии, то есть причина проявления парникового эффекта до конца не выяснена.

Некоторые ученые Российской академии наук связывают возникновение глобального потепления с усилением солнечной активности, что подкреплено многолетними наблюдениями и расчетами. По их мнению, все усилия по предотвращению поступления парниковых газов в атмосферу не дадут ожидаемого результата.

2. *Кислотные осадки* – любые атмосферные осадки, кислотность которых выше нормальной (5,6). Поступая в атмосферу оксиды серы и азота соединяются с молекулами находящейся там воды, а затем вследствие конденсации паров выпадают вместе с ней на поверхность в виде растворов кислот. Основным источником оксидов серы – современная энергетика (ТЭС, работающие прежде всего на угле), а для оксидов азота – также транспорт. Схема образования кислотных осадков показана на рис. 5. Последствия выпадения кислотных осадков очень обширны: изменяются водные экосистемы, леса деградируют, загрязняются подземные воды. Кроме того, они ускоряют процессы коррозии металлов, разрушения зданий, сооружений.

3. *Разрушение озонового экрана, образование озоновых дыр* – областей с пониженным содержанием озона. Это приводит к увеличению количества ультрафиолетового излучения Солнца, достигающего поверхности Земли,

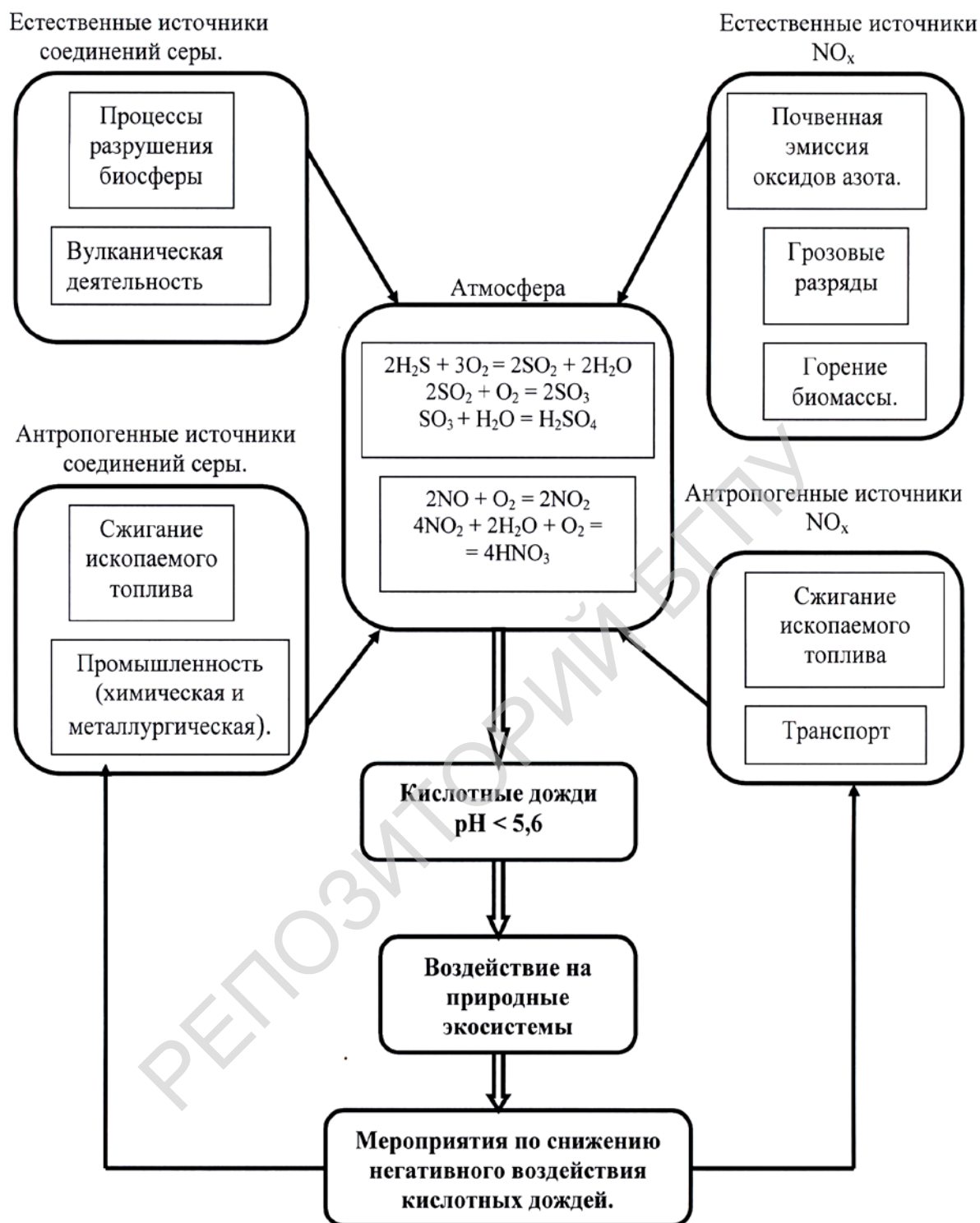


Рис. 5. Блок-схема образования кислотных осадков в атмосфере

нарушению теплового баланса планеты. С увеличением доли ультрафиолетовых лучей связано увеличение числа раковых заболеваний человека и животных. Главные факторы, разрушающие озоновый экран Земли: применение фреонов в технике, парфюмерной и химической промышленности в быту, запуска ракет, полеты реактивных самолетов, испытания ядерного и термоядерного оружия, уничтожение лесов пожарами и рубкой.

Водные ресурсы. Роль воды на планете исключительно высока. Гидросфера – естественный фильтр-аккумулятор загрязняющих веществ, поступающих в окружающую природную среду, что связано с циклом глобального круговорота воды и с ее универсальной способностью к растворению газов и минеральных веществ. Загрязняются и соленые воды Мирового океана, и пресные поверхностные и подземные воды суши. К основным загрязнителям Мирового океана относятся нефть и нефтепродукты, тяжелые металлы, пестициды, бытовые отходы, радиоактивные вещества.

Наибольшее количество стоков, загрязняющих воды суши, образуется в энергетике, сельском и коммунальном хозяйствах. Большую роль в загрязнении вод играют вещества, выпадающие с атмосферными осадками. В воды суши и океана поступают сера и азот в виде соединений. Для поверхностных вод суши характерно наличие большого количества органических веществ, поступающих с территории водосборного бассейна. Фосфор в виде соединений попадает в водоемы с бытовыми сточными водами, причем 20-30% этого количества – из синтетических моющих средств.

Почвенные ресурсы. Почва – верхний плодородный слой литосферы, благодаря которому человечество удовлетворяет основную часть своих потребностей в продуктах питания. Однако, человечество уже утратило за исторический период около 2 млрд га некогда плодородных земель, превратив их в антропогенные пустыни и бедленды. Это больше, чем вся площадь современного мирового земледелия. Этот процесс потери продолжается.

Ежегодно человечество теряет около 15 млн га почв. Основные причины деградации почвенного слоя следующие: *эрозия* – процесс разрушения верхних почвенных горизонтов водными и ветровыми потоками; засоление; заболачивание; опустынивание; перевыпас; уплотнение вследствие чрезмерного использования тяжелой агротехники; нерациональное проведение осушительной и оросительной мелиорации. Кроме того почвы загрязняются тяжелыми металлами, пестицидами, ядохимикатами, радиоактивными веществами и др., что естественно отрицательно сказывается на уровне их плодородия.

Существует и множество других экологических проблем, которые относятся *глобальным*, то есть затрагивающим все человечество. Однако главной причиной их возникновения само человечество и является. На сегодняшний день численность населения планеты составляет более 6 млрд человек. А по оценкам ученых Земля может прокормить не более 10 млрд.

В природных популяциях животных и растений рост численности редко идет по экспоненциальному закону. Как правило, модели роста популяций в природе – это логистические модели, в соответствии с которыми из-за давления среды пределы роста достигаются быстро. Факторы давления среды (истощение ресурсов, конкуренция за пространство и ресурсы) быстро приводит к ограничению численности любой природной популяции. Однако с популяцией человека произошло иначе, начиная с середины XX в. рост ее численности ничем не ограничен.

«*Демографический взрыв*» - резкое ускорение темпов роста населения в развивающихся странах Азии, Африки и Латинской Америки в 50-60-х годах XX в. – обусловлен снижением смертности, особенно детской, при сохранении высокой рождаемости.

К мерам по поддержанию популяционного равновесия человечества относится ряд международных соглашений, принятых в рамках ООН, в частности, соглашение по народонаселению. На основе программ ООН с целью снижения

уровня рождаемости и уровня смертности разработана политика помощи развивающимся странам, включающая обеспечение контрацептивами и медико-санитарную помощь, а также экономические меры, призванные принять уровень жизни и образованность населения. Кроме того, были разработаны международные проекты, в рамках которых развивающимся странам передавались современные технологии, ориентированные не на крупные промышленные или сельскохозяйственные производства, а на небольшие семейные производства и фермерские хозяйства. Преимущественно это экологически оптимальные технологии, обеспечивающие высокую производительность труда.

Следует также отметить, что современная кризисная ситуация усугубляется еще и тем, что очень быстро вымирают биологические виды. Если нормальные изменения условий в природе сопровождаются вымиранием одного вида за 100 лет, то в настоящее время всего за 1 ч на Земле исчезает 50 видов (данные Н. И. Николайкина и др., 2003). К настоящему времени 63% естественных экосистем Земли были разрушены, гибнут многие водные экосистемы, и прежде всего морские. Происходит это по разным причинам, связанным как с техногенным загрязнением окружающей среды, так и с распаиванием земель, нерациональным использованием природных ресурсов, однако прежде всего из-за роста народонаселения (особенно в развивающихся странах) и роста уровня потребления в развитых странах.

Экологами убедительно доказано, что качеством природной среды «автоматически» может управлять только биота, то есть совокупность всех живых организмов Земли. Анализ моделей и проведенные исследования показали, что биологическое разнообразие является главным критерием и признаком устойчивости экосистемы. Искусственно создать среду обитания для человека не удастся, что подтверждено многочисленными экспериментами в разных странах мира.

Восстановить нормальную природную среду обитания, качество воды, воздуха, почвы, пищи, утраченные ныне в результате экологического кризиса, биота способна, но только в случае, если для восстановления самой биоты будут предоставлены время и место. Поэтому для продолжения жизни биосферы прежде всего необходимо охранять биологическое разнообразие, т.е. все виды животных, растений, грибов, микроорганизмов, которые и составляют биосферу.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Тема 9. Охрана природы в Республике Беларусь

Вопросы

1. Значение понятий «охрана природы» и «охрана окружающей среды».
2. Система охраняемых объектов Республики Беларусь:
 - 1) заповедники;
 - 2) национальные парки;
 - 3) заказники;
 - 4) памятники природы.
3. Красная книга Республики Беларусь.
4. Экологический мониторинг и биоиндикация.

Основные термины и понятия: охрана природы, охрана окружающей среды, заповедник, заказник, национальный парк, памятник природы, Красная книга, мониторинг, биоиндикация, биоиндикатор.

Литература

1. Асновы экалогіі і рацыянальнага прыродакарыстання / Ражкоў Л.М.[і інш.]. Мінск, 1999.
2. Балащенко С. А., Демичев Д. М. Экологическое право. Минск, 2000.
3. Голод Д. С. Растительные ресурсы Беларуси, их состояние и рациональное использование // Природные ресурсы. Минск, 1999. № 1. С. 88-101.
4. Лесное и охотничье хозяйство Республики Беларусь. Мн., 2002.
5. Лучкоў А. І. Прырода Беларусі: Сучаснасць і будучыня. Минск, 1993.
6. Маврищев В. В. Основы экологии. Минск, 2005.
7. Маврищев В. В., Сачек Г. С. Экология. Минск, 2004.
8. Состояние окружающей среды Республики Беларусь: Национальный доклад / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды

Республики Беларусь, НАН Беларуси, «Белорусский научно-исследовательский центр «ЭКОЛОГИЯ». Минск, 2001.

Задания

1. Подготовьте на основании литературных источников сообщение на одну из предложенных тем:

- Система охраняемых объектов как основа охраны природы Беларуси;
- Березинский биосферный заповедник;
- Полесский радиационно-экологический заповедник;
- Национальный парк «Беловежская пуща»;
- Национальный парк «Браславские озера»;
- Национальный парк «Нарочанский»;
- Национальный парк «Припятский»;
- Памятники природы Беларуси;
- Красная книга Республики Беларусь.

2. Определите, какие из перечисленных ниже загрязнений окружающей среды являются физическими, какие – химическими, а какие – биологическими:

- 1) шум турбины;
- 2) шум прибора;
- 3) электромагнитное излучение;
- 4) загрязнение почвы тяжелыми металлами;
- 5) тепловое загрязнение;
- 6) накопление пестицидов в почве;
- 7) радиоактивное излучение;
- 8) разливы нефти;
- 9) бактериальное загрязнение водоемов;
- 10) накопление фреонов в воздухе.

Вспомогательный материал к теме

Тема является заключительной в изучении курса и поэтому большое внимание следует уделить на возможность применения теоретических знаний на практике, особенно на территории нашего государства. Следует четко различать понятия «охрана природы» и «охрана окружающей среды».

Охрана природы нацелена на поддержание рационального взаимодействия между деятельностью человека и окружающей средой с целью его сохранения и восстановления природных ресурсов и предупреждения вредного влияния результатов хозяйственной деятельности на природу и здоровье человека.

Охрана окружающей среды – комплекс международных, государственных и региональных, административно-хозяйственных, политических и общественных мероприятий по обеспечению физических, химических, биологических параметров функционирования природных систем в пределах, необходимых для здоровья и благосостояния человека.

В систему охраняемых объектов Беларуси входят заповедники, заказники, национальные парки, памятники природы.

Заповедник – особо охраняемая законом территория, исключенная из любой хозяйственной деятельности, на которой сохраняется в естественном состоянии весь природный комплекс с населяющими его видами живых организмов. В настоящее время в Беларуси два заповедника – Березинский биосферный и Полесский радиационно-экологический.

Заповедники решают следующие задачи:

- сохранение биологического разнообразия и поддержание в естественном состоянии охраняемых природных объектов;
- организация и проведение научных исследований;
- экологический мониторинг;
- экологическое просвещение;

- участие в государственной экологической экспертизе проектов и в подготовке научных кадров в области охраны природной среды.

Заказник – территории, временно охраняемые с целью сохранения отдельных видов растений и животных, геологических объектов или общего характера местности. На сегодняшний день в республике насчитывается 94 заказника. Виды:

- комплексные (ландшафтные) – предназначены для сохранения и восстановления природных ландшафтов;
- биологические – предназначены для сохранения и восстановления редких и исчезающих видов растений и животных (клюквенники, орнитологические);
- гидрологические – болотные, озерные, речные и др.

Национальный парк – особо охраняемая обширная территория, предназначенная для сохранения природных комплексов в неприкосновенности, а также для оздоровительных, рекреационных, эстетических и просветительских целей. В Беларуси в настоящее время 4 национальных парка: Беловежская пуща, Припятский, Браславские озера, Нарочанский.

Памятники природы – природные достопримечательности, имеющие научное, историческое или культурно-эстетическое значение, а также объекты природы, связанные с какими-либо историческими событиями или лицами. Памятниками природы могут быть объявлены:

- участки живописных местностей;
- эталонные участки нетронутой природы;
- участки с преобладанием культурного ландшафта (старинные парки, аллеи и др.);
- места обитания и произрастания ценных, малочисленных, редких и исчезающих видов животных и растений;
- геологические обнажения, имеющие особую научную ценность;
- минеральные источники;

- отдельные объекты живой и неживой природы, места гнездования птиц, деревья-долгожители, имеющие историко-мемориальное значение и др.

Красная книга – официальный документ, содержащий регулярно обновляемые данные о состоянии и распространении редких и находящихся под угрозой исчезновения видов (подвидов и популяций) диких животных, дикорастущих растений и грибов. В Беларуси было три издания Красной книги. Все виды, занесенные в нее, делятся на 4 категории, согласно новой версии категорий и критериев Международного союза охраны природы, принятой в 2000 г.:

I категория (CR) – виды, находящиеся под глобальной угрозой исчезновения, наивысшей национальной природоохранной значимости, включает таксоны, имеющие очень низкую или быстро сокращающуюся численность, спасение которых невозможно без специальных мер (страна несет ответственность за сохранение значительной доли от глобальной или европейской популяции);

II категория (EN) – находящиеся под критической угрозой исчезновения, включает таксоны, имеющие низкую численность и тенденцию к неуклонному сокращению численности или ареала и прогнозируемое в ближайшее будущее ухудшение статуса;

III категория (VU) – уязвимые виды, включает таксоны, не находящиеся под прямой угрозой исчезновения, но подверженные риску вымирания, делающие их уязвимыми при любых даже незначительных изменениях окружающей среды;

IV категория (NT) – близкие к первым трем – включает таксоны, имеющие неблагоприятные тенденции на окружающих территориях или зависимость от осуществляемых мер охраны.

тех мер охраны, но еще не подлежащие промысловому использованию.

Экологический мониторинг – система наблюдений за изменениями состояния среды, вызванными антропогенными причинами, позволяющая

прогнозировать развитие этих изменений. Термин «мониторинг» образован от латинского слова «монитор» - наблюдающий, предостерегающий. На научном языке этот термин обычно понимается как «проверка, слежение, контроль».

Экологический мониторинг представляет собой иерархически организованную систему наблюдений, состоящую из 3-х уровней (ступеней).

I. *Локальный* (местный, биоэкологический мониторинг), включающий слежение за изменениями качества среды в пределах населенных пунктов, промышленных центров, непосредственно на предприятиях. Состояние окружающей среды оценивается с позиций ее влияния на человека. Поэтому мониторинг проводят, учитывая показатели, отражающие реакцию человека на изменения среды: заболеваемость, смертность, рождаемость, продолжительность жизни и т. д. В систему наблюдений входят те параметры, которые вызывают оцениваемые эффекты. В основном это различные опасные загрязнители среды техногенного происхождения. Основная сеть пунктов наблюдения этой ступени мониторинга должна находиться в местах концентрации населения – районах наиболее интенсивной его деятельности.

Примером локального мониторинга является постоянная система наблюдения и контроля загрязнения воздуха в городах, на транспортных магистралях, осуществляемая при помощи стационарных, передвижных или подфакельных постов. Такая система существует в крупных городах.

К локальному мониторингу относится деятельность санитарно-промышленных лабораторий на предприятиях, в задачи которых входят, в частности, постоянные наблюдения за загрязнением воздуха в цехах и на промышленных площадках, воды в установленных створах водных объектов.

Большую помощь биоэкологическому мониторингу могут оказывать санитарно-эпидемиологические станции, ветеринарные пункты, службы защиты растений.

II. *Региональный природно-хозяйственный мониторинг*, осуществляемый в пределах крупных районов, интенсивно осваиваемых хозяйством, например в пределах геосистем, территориально-производственных комплексов. Включает наблюдения за изменениями природных и антропогенных ландшафтов. В мониторинге этой ступени используют такие показатели, как количество биомассы, показатели энергообмена, величины предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в природных и промышленных комплексах, способность комплексов к самоочищению. Наблюдения ведут на географических стационарах и специальных полигонах (тестовых участках). Географические стационары создают на территориях, типичных для ландшафтов данного региона. Стационарные исследования ведут на одном месте на протяжении длительного времени. Это дает возможность проведения анализа функционирования и динамики ландшафтов, выявления в них необратимых изменений и т. д. Тестовые участки предназначены для контрольных измерений и наблюдений по строго заданной ограниченной программе. На них разрабатывают тесты системы определения предельно допустимых концентраций, биологической продуктивности, естественной способности к самоочищению, а также выбирают наиболее показательные параметры (индикаторы) для каждой системы определений. Измерения и описания, полученные на тестовых участках, рассматривают как характерные для участка в целом. На этой ступени мониторинга используют также сеть метеорологических и гидрологических станций и постов, существующие опытные сельскохозяйственные станции, опытные лесничества.

III. *Биосферный (глобальный) мониторинг*, осуществляемый на основе международного сотрудничества. Задача – обеспечить наблюдение (контроль) и анализ состояния, а также прогноз возможных изменений всей географической оболочки в результате деятельности человека. На этой ступени контролируют и анализируют изменения глобальных параметров: прозрачность атмосферы и ее

антропогенную трансформацию (задымленность, озоновый слой); мировой водный баланс, загрязнение Мирового океана; энергообмен биосферы с космосом, антропогенные преобразования глобальных круговоротов химических веществ и т. д.

Биоиндикация – определение качества среды с помощью биоиндикаторов, которыми могут быть группа особей одного вида или сообщество, по наличию, состоянию и поведению которых судят об изменениях в среде, в т.ч. о присутствии и концентрации загрязнителей.

РЕПОЗИТОРИЙ БГПУ

Итоговое тестирование
(вариант для самоконтроля)

1. Какое из определений является наиболее полным и верным:

- а) экология – это охрана природы, бережное отношение к ней;
- б) экология – это наука о связях между организмами и окружающей средой;
- в) экология – это интегрированная наука, изучающая взаимодействие живых организмов и их сообществ между собой и с окружающей средой.

2. Кем был введен термин «экология»:

- а) Э. Геккелем;
- б) Ю. Либихом;
- в) В. И. Вернадским;
- г) А. Гумбольдтом.

3. Что является объектом изучения экологии:

- а) отдельные организмы, взаимодействующие с окружающей средой;
- б) популяции;
- в) сообщества;
- г) все, перечисленное выше.

4. С какого уровня организации живой материи начинают вести свои исследования экологи:

- а) с молекулярно-генетического;
- б) с организменного;
- в) с популяционного;
- г) с экосистемного.

5. Среда обитания – это:

- а) совокупность жизненно необходимых для организма факторов;
- б) все элементы и явления живой и неживой природы, окружающие живые организмы;

в) совокупность факторов, вызывающих приспособительные реакции у организмов.

6. Экологическими факторами среды называются:

а) элементы внешней среды, которые прямо или косвенно влияют на организм;

б) химические вещества, которые организм использует в процессе жизнедеятельности;

в) растения или животные, которые окружают организм.

7. Организмы, способные жить в широком диапазоне изменчивости величины фактора, называются:

а) стенобионтами;

б) эврибионтами;

в) реликтами.

8. Понятие о лимитирующих факторах было введено:

а) В. И. Вернадским;

б) Ю. Либихом;

в) Э. Геккелем.

9. В поверхностных слоях открытого океана лимитирующим фактором является:

а) свет;

б) элементы минерального питания;

в) температура.

10. Какой из перечисленных ниже организмов относится к гетеротермным:

а) пчела;

б) куница;

в) бурый медведь;

г) дождевой червь.

11. Организмы, обитающие в водной толще и способные противостоять течению воды, относятся к:

- а) бентосу;
- б) планктону;
- в) нектону.

12. В какой группе все растения относятся к факультативным гелиофитам:

- а) земляника, дуб, ель;
- б) тюльпан, дуб, чабрец;
- в) шалфей, береза, звербой;
- г) хлебные злаки, сосна, гусиный лук.

13. Растение выживает при температуре воздуха (фактор I), равной 8-32°, влажности (II) 45-90%, концентрации солей в почве (III) 0,1-5‰ и содержании CO₂ (IV) 0,02-0,09%. Кривые, отражающие зависимость жизнедеятельности организма от интенсивности каждого из перечисленных факторов, имеют сходный вид. Наиболее выраженным лимитирующим действием для данного вида будет обладать среда с сочетанием факторов:

- а) I – 25; II – 63; III – 1; IV – 0,03;
- б) I – 12; II – 75; III – 2; IV – 0,05;
- в) I – 9; II – 78; III – 5; IV – 0,06;
- г) I – 22; II – 61; III – 3; IV – 0,04.

14. У пустынных животных верблюда и курдючных овец неравномерное жиронакопление, у ластоногих – равномерное. Это связано с:

- а) особенностями питания животных;
- б) особенностями терморегуляции;
- в) различной подвижностью.

15. Какое из определений термина «популяция» является наиболее полным:

- а) популяция – это совокупность особей одного вида;

- б) популяция – это совокупность особей одного вида, способных обмениваться генетической информацией, обладающая всеми необходимыми условиями для поддержания своей численности и существующая неопределенно длительное время на данной территории;
- в) популяция – это совокупность особей одного вида, воспроизводящая себя в определенном пространстве;
- г) популяция – совокупность особей одного вида в определенном биотопе.

16. Животные, растения и микроорганизмы, живущие на или внутри другого организма и питающиеся за счет его тканей или содержимого пищеварительного тракта, называются:

- а) паразиты;
- б) хищники;
- в) конкуренты;
- г) симбионты.

17. Взаимодействие между видами, когда один из них получает одностороннюю выгоду и не вступает в тесные отношения с другим, т.е. не оказывает на него существенного воздействия (ни отрицательного, ни положительного), называется:

- а) комменсализм;
- б) протокооперация;
- в) мутуализм;
- г) нейтрализм.

18. Что будет, если в системе «хищник – жертва» хищник получает эволюционные преимущества:

- а) популяция хищника неограниченно увеличивается;
- б) численность хищника сохраняется на постоянном уровне;
- в) хищники вымрут.

19. Способность популяции поддерживать устойчивое динамическое равновесие в изменяющихся условиях среды называется:

- а) симбиоз;
- б) гомеостаз;
- в) мутуализм;
- г) эволюция.

20. Вторичное соотношение полов – это:

- а) соотношение полов при рождении;
- б) соотношение полов на эмбриональной стадии развития;
- в) соотношение полов среди половозрелых размножающихся особей.

21. Максимальная рождаемость – это:

- а) максимальное количество особей, которое может быть воспроизведено одной самкой в течение жизни;
- б) теоретически возможный максимум скорости образования новых особей в идеальных условиях (при отсутствии лимитирующих факторов);
- в) максимальное количество особей, появившихся за определенный период времени в популяции.

22. Как формулируется закон Г. Ф. Гаузе:

- а) два вида не могут существовать в одном местообитании, если их экологические потребности идентичны;
- б) рост растения зависит от того элемента питания, который присутствует в минимальном количестве;
- в) пустующая экологическая ниша всегда и обязательно бывает естественно заполнена;
- г) с одного трофического уровня экологической пирамиды переходит на другой, более высокий уровень в среднем около 10% поступившей на предыдущий уровень энергии.

23. Популяция, в которой преобладают старые особи называется:

- а) нормальной;
- б) регрессивной;
- в) инвазионной.

24. В пастбищной пищевой цепи первое звено составляют:

- а) редуценты;
- б) продуценты;
- в) консументы;
- г) конкуренты.

25. В пищевой цепи на каждой ступени питания примерно теряется:

- а) 10% энергии;
- б) 50% энергии;
- в) 90% энергии;
- г) 100% энергии.

26. Пищевые цепи не могут быть слишком длинными из-за:

- а) нехватки пищи;
- б) сильной конкуренции за добычу;
- в) больших потерь энергии при переходе от одного трофического уровня к другому;
- г) нет правильного ответа.

27. Типичными компонентами детритной пищевой цепи питания являются:

1) капуста; 2) опавшие листья; 3) лисица; 4) корова; 5) дождевой червь.

- а) только 2;
- б) 1+2+3;
- в) 1+4;
- г) 2+5.

28. Структурными и функциональными компонентами биоценоза являются:

- а) продуценты;
- б) консументы;

в) редуценты;

г) а+б+в.

29. Переходная зона между двумя соседними биоценозами называется:

а) экотип;

б) экотон;

в) экотоп.

30. Под продукцией организмов понимают:

а) массу организмов в данный момент;

б) прирост биомассы за определенное на единице пространства;

в) проявление способности организма к росту.

31. Стабильность, устойчивость биоценозов определяется главным образом:

а) достаточным количеством света;

б) большим видовым разнообразием, формирующим сложные сети питания;

в) большой численностью особей популяции.

32. Первичным источником энергии для живых организмов на Земле является:

а) растительная и животная пища;

б) свет;

в) горючие ископаемые;

г) кислород.

33. Укажите характерные особенности первичных (I) и вторичных (II) сукцессий: 1) начинаются на месте частично разрушенной экосистемы; 2) протекают повсеместно и постоянно; 3) начинаются на месте, не занятом жизнью; 4) начальные стадии протекают быстро, а конечные – медленнее; 5) более продолжительны по времени; 6) начальные стадии протекают медленно, а конечные – быстрее:

а) I – 3, 5, 6; II – 1, 2, 4;

б) I – 2, 3, 6; II – 1, 4, 5;

в) I – 2, 3, 4; II – 1, 5, 6;

г) I – 1, 5, 6; II – 2, 3, 4.

34. Расположите приведенные экосистемы в порядке убывания их первичной продукции (т/га в год): 1) степи; 2) пустыни; 3) открытый океан; 4) антарктические льды; 5) смешанные леса; 6) тропические леса:

а) $6 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 2 \rightarrow 4$;

б) $6 \rightarrow 5 \rightarrow 1 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 4$;

в) $6 \rightarrow 3 \rightarrow 5 \rightarrow 1 \rightarrow 2 \rightarrow 4$;

г) $1 \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 4$.

35. Круговорот какого химического элемента не относится к наиболее важным биогеохимическим циклам:

а) хлора;

б) углерода;

в) азота;

г) кислорода.

36. Смена одной экосистемы другой называется:

а) гомеостазом;

б) сукцессией;

в) саморегуляцией.

37. Из перечисленных ниже организмов принимают участие в минерализации органических веществ в почве:

а) дождевые черви;

б) бактерии;

в) почвенные клещи;

г) личинки насекомых, обитающих в почве.

38. К животным-средообразователям относятся: 1) морские котики; 2) бобры; 3) заяц-беляк; 4) ушан; 5) коралловые полипы:

а) 1+3+4;

б) только 5;

в) 1+4;

г) 2+5.

39. К биологическому виду загрязнения окружающей среды относятся: 1) электромагнитное излучение; 2) накопление фреонов в воздухе; 3) накопление пестицидов в почве; 4) развитие болезнетворных бактерий в водоемах; 5) шум автомобилей:

а) 1+3;

б) 2+5;

в) только 2;

г) только 4.

40. Учение о биосфере создано:

а) В. В. Докучаевым;

б) Ж.-Б. Ламарком;

в) В. И. Вернадским;

г) Э. Зюссом.

41. Геохимическая активность живого вещества выражается по В. И. Вернадскому в:

а) скорости размножения организмов;

б) численности организмов;

в) биомассе организмов.

42. Какой фактор из перечисленных ниже вносит наибольший вклад в загрязнение атмосферы:

а) сброс неочищенных промышленных вод;

б) смыв с полей минеральных удобрений;

в) автомобильный транспорт;

г) транспорт нефтепродуктов.

43. К физическому виду загрязнения окружающей среды относятся: 1) тепловое загрязнение; 2) накопление пестицидов в почве; 3) радиоактивное излучение; 4) разливы нефти; 5) бактериальное загрязнение водоемов:

- а) 1+2;
- б) 1+3;
- в) 2+5;
- г) 3+4.

44. Экологической проблемой какого уровня является просадка земли в результате добычи полезных ископаемых закрытым (шахтным) способом:

- а) глобального;
- б) локального;
- в) регионального.

45. С целью сохранения уникальной флоры и фауны определенного региона планеты проводится:

- а) строительство водохранилищ;
- б) осушение болот;
- в) создание заповедников;
- г) строительство гидроэлектростанций.

46. К млекопитающим, занесенным в Красную книгу Республики Беларусь, относится:

- а) ласка;
- б) ондатра;
- в) хорек;
- г) бурый медведь.

47. Заповедники – это:

- а) участки территории, где временно запрещено использование определенных видов природных ресурсов;
- б) уникальные, ценные в научном отношении природные объекты;

в) территория, со всеми находящимися в ее пределах природными объектами, полностью исключенная из всех видов хозяйственного использования.

48. Укажите неверный ответ. В Красную книгу заносятся виды растений и животных потому, что они:

- а) редкие;
- б) малочисленные;
- в) исчезнувшие;
- г) их численность сокращается.

49. Кислотные осадки оказывают негативное влияние на окружающую среду и одновременно:

- а) влияют на активность солнечной радиации;
- б) на динамику Ca^{2+} и некоторых металлов в экосистеме;
- в) на содержание CO_2 в атмосфере;
- г) являются причиной смога.

50. Беловежская пуца как охраняемая природная территория является:

- а) заповедником;
- б) заказником;
- в) национальным парком;
- г) памятником природы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинников В. И. Зоология с основами экологии. М., 1990.
2. Ботаника с основами экологии / Л. В. Кудряшов [и др.]. М., 1979.
3. Валова (Копылова) В. Д. Основы экологии. М., 2002.
4. Галковская Г. А. Основы популяционной экологии. Минск, 2001.
5. Горелов А. А. Экология. М., 2001.
6. Иванютин В. А. Практикум по биологии: подг. к тестированию и экзамену. Минск, 2006.
7. Киселев В. Н. Основы экологии. Минск, 1998.
8. Козлов О. В., Садчиков А. П. Задачник по экологии. Ростов н/Д, 2006.
9. Кулеш В. Ф., Маврищев В. В. Самостоятельная управляемая работа студентов по комплексной биолого-методической практике. Минск, 2005.
10. Лисов Н. Д. Ботаника с основами экологии: практикум. Минск, 1991.
11. Маврищев В. В. Основы общей экологии. Минск, 2000.
12. Маврищев В. В. Основы экологии. Минск, 2005.
13. Маврищев В. В., Сачек Г. С. Экология. Минск, 2004.
14. Николайкин Н. И. [и др.]. Экология. М., 2003.
15. Новиков Ю. В. Экология, окружающая среда и человек. М., 2000.
16. Основы экологии / Под ред. Е. Н. Мешечко. Минск, 2002.
17. Петров К. М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы. СПб., 1998.
18. Сапега В. А. Практикум по экологии. Тюмень, 2002.
19. Сохраним планету Земля: Сборник докладов Международного экологического форума, 1-5 марта 2004 г. / Под ред. Б. Ф. Апарина. СПб., 2004.
20. Трифонова Т. А., Мищенко Н. В. Практикум по общей экологии. В 2 ч. Владимир, 1997. Ч. 1.

21. Трифонова Т. А. [и др.]. Основы экологии и охраны окружающей среды. Владимир, 2002.
22. Федарук А. Т. Жыццевыя формы раслін. Минск, 1996.
23. Филоненко-Алексеева А. Л. [и др.]. Полевая практика по природоведению: Экскурсии в природу. М., 2000.
24. Централизованное тестирование: Биология: сб. тестов / Респ. ин-т контроля знаний М-ва образования Респ. Беларусь. Минск, 2005.
25. Чернова Н. М., Былова А. М. Экология. М., 1988.
26. Чистик О. В. Экология. Минск, 2001.
27. Шалапенок Е. С. [и др.]. Тесты по биологии. М., 1999.
28. Шилов И. А. Экология. М., 2000.
29. Экология / под ред. С. А. Боголюбова. М., 1997.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
Тема 1. Экология как наука.....	4
Тема 2. Среда обитания. Факторы среды. Основные закономерности действия факторов среды на живые организмы.....	9
Тема 3. Адаптации организмов к факторам среды.....	16
Тема 4. Экология популяций.....	24
Тема 5. Биоценоз.....	35
Тема 6. Экосистемы и биогеоценозы.....	42
Тема 7. Биосфера.	50
Тема 8. Ресурсы биосферы. Экологический кризис. Глобальные экологические проблемы.....	53
Тема 9. Охрана природы в Республики Беларусь.....	65
Итоговое тестирование (вариант для самоконтроля).....	71
Литература.....	78